

MAGYAR

Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1978. XIX. ÉVFOLYAM, 6. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Rádler Béla, Sággy György, Ujfalussy Antal, Varga Imre: Elterő dőlésű neogén üledékek szeizmikus kutatása</i>	201
<i>Dr. Kapolyi L.: A geofizika helyzete a nyersanyagkutatásban</i>	207
<i>Ferenczy L.: Magnetotellurikus impedancia-tenzor számítása leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítéssel</i>	217
<i>Jesch A.: Közetfizikai és fúrástechnikai paraméterek meghatározása mélyfúrási geofizikai szelvényekből</i>	224
<i>Muravina, L. — Zsellér P.: Túlnyomásos zónák előrejelzése szeizmikus intervallumsebességek felhasználásával</i>	231
<i>Lapszemle, könyvszemle</i>	216, 239
<i>Egyesületi hírek</i>	223

Főszerkesztő: Dr. Sebestyén Károly, a MGE társelnöke

Szerkesztő bizottság: Dr. Bencze Pál, Dr. Bokody Tamás, Czeglédi István, Deres János, Gellért Tamás, Gerzson István, Dr. Horváth Ferenc, Hursán László, Lakatos Sándor, Marton Tibor, Dr. Posgay Károly, Rádler Béla, Tóth Géza, Dr. Tóth Péter

Szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. félemelet 17. Postafiók 240.

Eltérő dőlésű neogén üledékek szeizmikus kutatása*

RÁDLER BÉLA – SÁGHY GYÖRGY – UJFALUSSY ANTAL –
VARGA IMRE**

A magyarországi szénhidrogénkutatásban mindig fontos szerepe volt a fiatal neogén (pannon) üledékek kutatásának, mivel ezek egy része anyakőzet, másrészt jelentős telepeket tartalmaznak. A hosszútávú ideje tartó kutatásban jelentős szemléleti változások voltak.

Az összlet felderítésében a szeizmikus módszerek mindig alapvető fontosságúak voltak. Ezek a mérések mutatták ki, hogy benne sok területen egy tetemes vastagságú, eltérő településű összlet található.

Az előadás részletesen foglalkozik az eltérő településű összlet szeizmikus jellegzetességeivel, kutatási tapasztalataival. Magyarázatot ad kialakulásának körülményeire és mechanizmusára, valamint CH földtani jelentőségére.

В разведке нефтяных и газовых месторождений Венгрии исследование толщи молодых неогеновых (паннонских) отложений имело всегда большое значение, так как они представляют собой материнские породы, с одной стороны, и содержат значительные нефтегазовые залежи, с другой. В разведочных работах, проводящихся уже долгое время, произошли значительные изменения аспектов.

В изучении данной толщи сейсморазведочные работы имели всегда основное значение. Данными методами было обнаружено наличие в ней – в ряде районов – комплекса большой мощности с различными условиями залегания пластов.

В докладе подробно рассматриваются сейсмические особенности комплекса, характеризующегося различными углами наклона пластов, а также опыт, накопленный при его исследовании. Обсуждаются вопросы об условиях и механизме его образования, а также о его нефтегеологическом значении.

The exploration of young neogene (Pannonian) complexes has always played an important role in the search for hydrocarbons in Hungary, since they contain many of the native rocks and some significant deposits as well. As years passed we have many times experienced important changes of attitude in this field of research.

Seismic methods always had a basic role in the exploration of the Pannonian complex. The seismic measurements proved that on several areas unconformous beds of considerable thickness can be found within the complex.

The lecture reviews the seismic characteristics of unconformably deposited beds and the techniques of their exploration. Possible explanations for the circumstances and mechanisms of their formation and their hydrocarbon-geological importance will also be touched upon.

A fiatal neogén pannon összlet megismerésének különös jelentősége van a magyarországi szénhidrogénkutatás szempontjából. Már a harmincas években felfedezett első jelentősebb telepeket is pannon korú rétegek tárolták és a mai termelés nagyobb része is ebből származik. Geokémiai vizsgálatok igazolják a pannon sorozat idősebb részének anyakőzet voltát is.

Érthető, ha a felszíni geofizikai kutatások számára is alapvető feladat volt a pannon összlet szerkezeti viszonyainak kutatása.

Magát a pannon összletet kezdetben két részre osztották; az alsó része sekélytengeri képződésű, a szerkezeti helyzettől függően változó vastagságú, főként agyagokból és márgákból álló sorozat, amelyben több zónában homokos betelepülések vannak. A felső pannon már kiédesedett vizű beltóban rakódott le, ebben a homokos rétegek aránya sokkal magasabb. Alapvető jellegzetessége a fáciesek viszonylag gyors horizontális változása. A teljes összlet vastagsága a medenceperemek 100 – 200 m-es vastagságától 3000 – 4000 m-ig terjed.

* Előadás a XXIII. Geofizikai Szimpóziumon Várnában, 1978. X. 4 – 7.

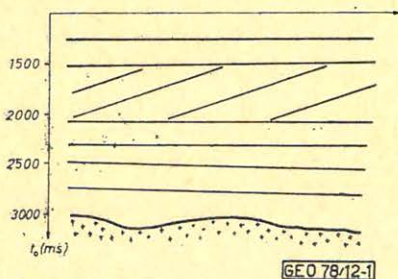
** OKGT GKÜ

A kezdetben rendelkezésre álló fotoregisztrálású reflexiós mérések számára ez a rétegcsoport kedvező kutatási objektum volt. Általában jó reflektáló tulajdonságokkal rendelkeznek, rendszerint kis dőlésű törések inkább csak aljzatát érintik. Így kutatása az akkori technikai feltételek mellett is sikeresen megoldható volt, szemben az alatta levő, rendszerint bonyolult idősebb kőzetekkel. Ezt több jelentős telep feltárása igazolta.

A részletező mérések mennyiségének növekedésével azonban értelmezési problémák mutatkoztak az alsó-felső pannon-határ közelében vezetett szintek esetében. A határ megvonása problematikus volt a karotázs szelvények esetében is. Ezért kezdetben az egyes fúrásokban rosszul kijelölt határnak tulajdonították az azonosítási nehézségeket. A fotoregisztrálású időszak vége felé azonban egyes hazai szerzők már utaltak eltérő dölések jelenlétére. [1]

Az első mágneses regisztrálású (analóg) műszerek 1966-ban jelentek meg Magyarországon; majd 1970-re ezek általánosak lettek, később a digitális terepi jelrögzítés váltotta fel ezeket. A fokozódó mennyiségű korszerűbb anyagban — különösen a többszörös fedések általános alkalmazása és a zavaró többszörösök kiküszöbölése után — megjelent az alsópannon összlet felső részén egy határozottan elkülönülő, az alatta és felette levő rétegektől eltérő dőlésű sorozat.

Ennek alapvető jellegzetessége az, hogy az alatta és felette levő rétegcsoportok egymással közel párhuzamosak, (mivel általában kevésbé tektonizált fiatal sorozatról van szó, ezek többnyire vízszintesek is), maga a közrefogott összlet pedig eltérő dölést mutat. Alsó felén a dőlő résznek harmonikusan simulnak az aljzatra, felső részét a felette települő rétegek mintegy erodálva zárják le: rétegfejek alakulnak ki. Elvi modelljét mutatja az 1. ábra. A 2. ábra egy valós szelvény példát mutat.



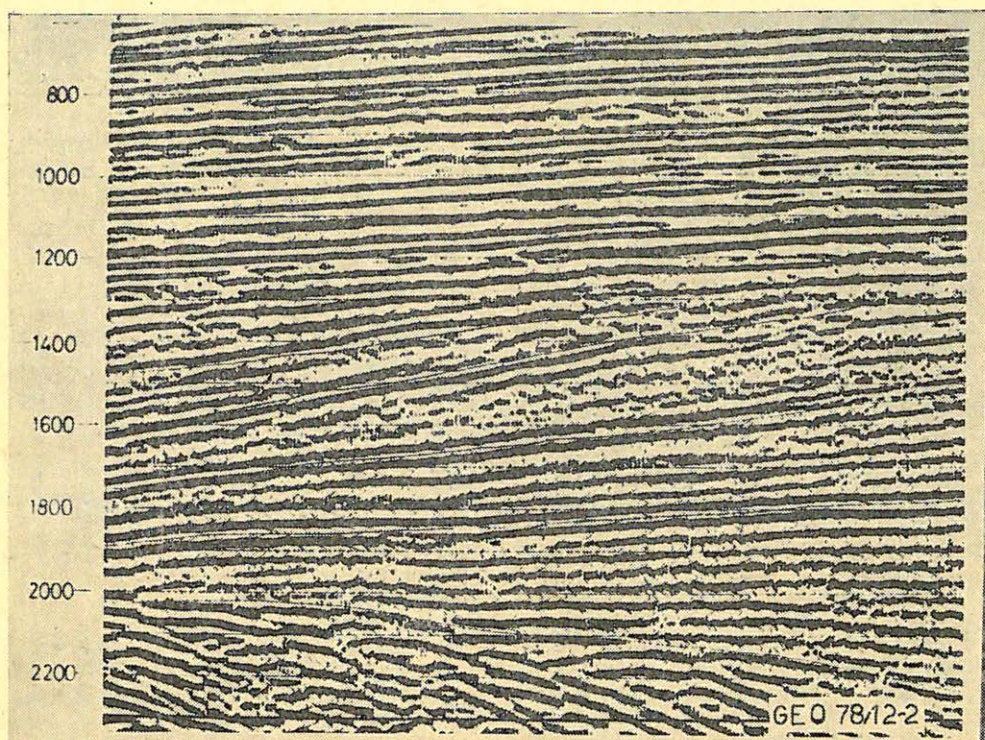
1. ábra

Fig. 1

Рис. 1.

Az eltérő döléssel betelepült összlet — dacára határozott, nagy terület-szakszokon kitartó megjelenésének — valójában nem képezte a szeizmikus kutatás közvetlen tárgyát, hiszen a pannon összleten belül a kutatás elsődleges célja, feladata ma is a boltozat-típusú szerkezetek kutatása. A mérési vonalhálózat irányítottságát és sűrűségét is általában az alapkőzet vagy az idősebb üledékek szerkezetének tegelyirányai, ill. méretei függvényében terveztük. Az eltérő dőlésű összlet szerkezetének megfelelő térbeli meghatározásához, „megfogásához” a rétegfejek megfelelő követéséhez az így tervezett vonalhálózat sem irányítottságában, de különösen sűrűségében nem megfelelő.

Ugyanakkor az összlet kutatása nem igényel különleges kutatási metodikát; a neogén egésze azonos metodikával jól kutatható. Kedvező körülmények között,



2. ábra

Fig. 2

Рис. 2.

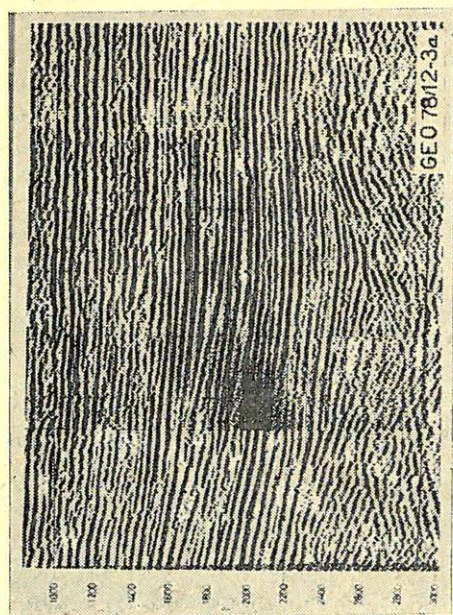
magas alaphegység-helyzet mellett, még egyszeres szelvényeken is jól kivehetők voltak ezek a ferde rétegek. A legtöbb esetben azonban szükség van a többszörös fedésű mérés jel/zaj javító hatására, a többszörös reflexiók megfelelő csillapítására is.

Az egyirányú rendszerek esetén — a geofon és geofoncsoport irányérzékenysége következtében — elvileg az várható, hogy az emelkedési irányban történő lövésnél a dőlt rétegek intenzívebben jelentkeznek. A 3. ábra ugyanazon szelvényszakasz két különböző irányú 12 szeres fedésű időszelvényét mutatja be. Ezen is jól látható az az általában tapasztalt tény, hogy az eltérő dőlésű reflexiók követhetősége, a szeizmikus szelvénykép gyakorlatilag független a robbantópont és az észlelési pont kölcsönös viszonyától, a lövési iránytól.

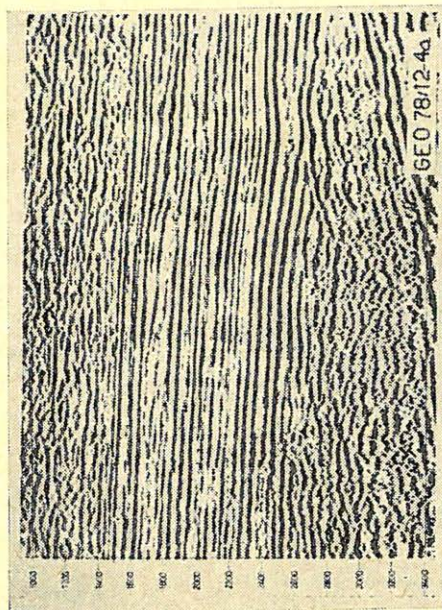
A mérési metodikához hasonlóan az eltérő dőlésű összlet kutatása a mérési adatok feldolgozásában sem igényel különös kezelést, sajátos módszereket. Az összlet a feldolgozás műveleteire, illetve a műveletek paramétereire a fedő- és fekvő összlettel azonos módon reagál. A migráció a szintek követhetőségét nem befolyásolja, jelentősége csak nagyobb dőléseknél van.

A dekonvolúció nyújtotta jobb felbontás, a részletes, aprólékos felület-követésnél lehet gyakorlatilag is jelentős. A dekonvolúció által biztosított felbontás-növekedést a 4. ábra két szelvényén érzékeltetjük.

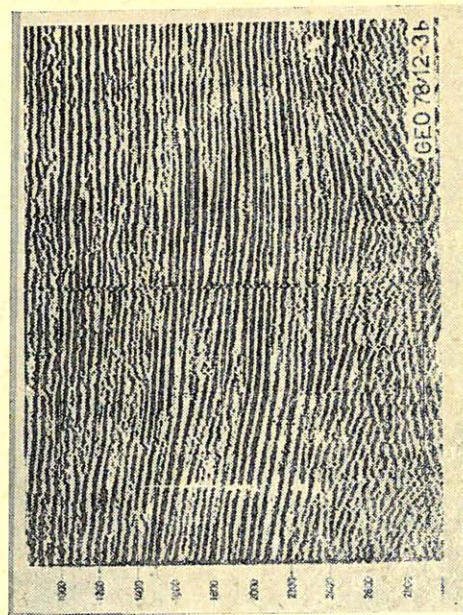
3a. *abra*
Fig. 3a.
Puc. 3a.



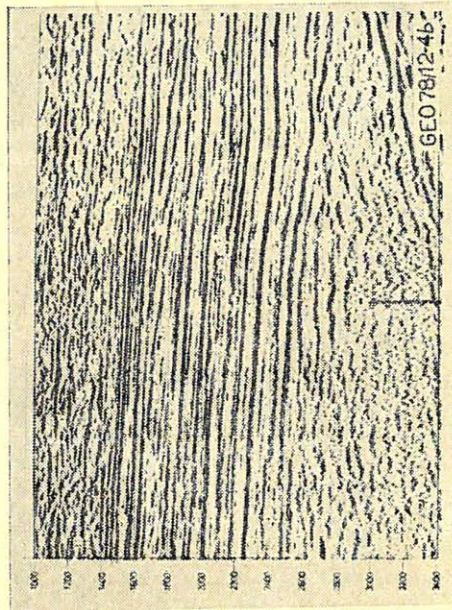
4a. *abra*
Fig. 4a.
Puc. 4a.



3b. *abra*
Fig. 3b.
Puc. 3b.



4b. *abra*
Fig. 4b.
Puc. 4b.



Több helyen részletesen vizsgáltuk az összlet intervallumsebesség-viszonyait. Megállapítottuk, hogy a rétegek dőlése ellenére az izocel felületek közel vízszintesek.

Az elmúlt időszakban végzett mérések alapján megállapíthatjuk, hogy az eltérő dőlésű összlet a magyarországi medenceterületek nagy részén megjelenik. Legjellegzetesebb példáit az Alföldön ismerjük. Jugoszláv szóbeli közlés szerint a Bácska és a Bánát területén is előfordul.

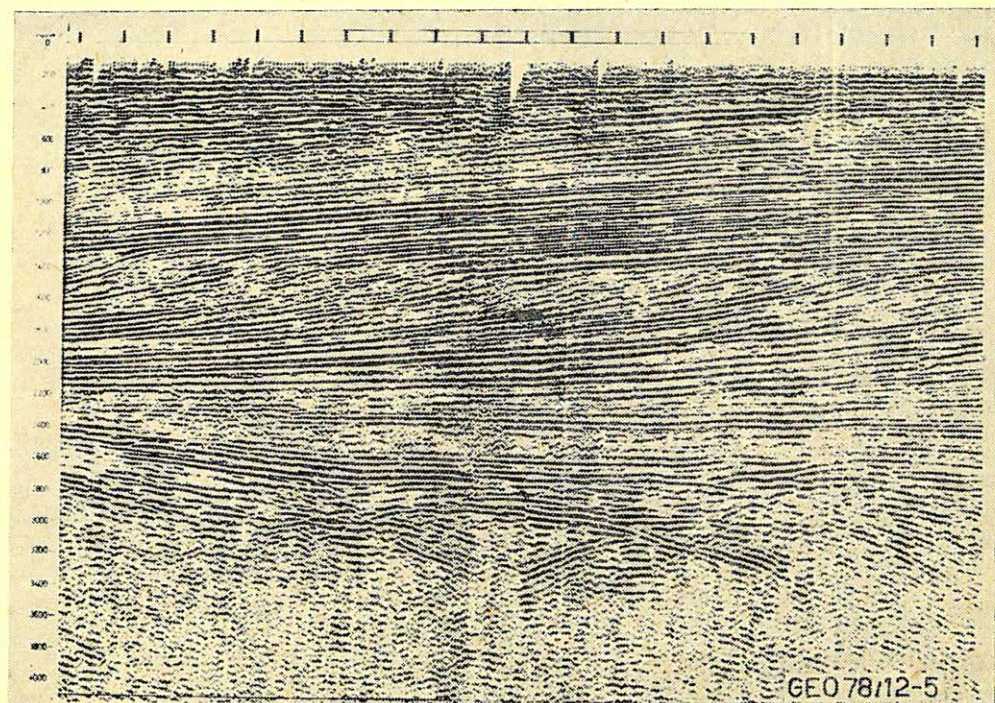
Az eltérő dőlésű összlet általános dőlésiránya D-i (DK-i és DNy-i határirányok közötti). Ettől lokális eltérések mutatkoznak. A dőlés értéke változó: néhány foktól 10–20 fokig terjed. Az összlet vastagsága is változik: mintegy 500 m-től 1200 m-ig terjed. A nagymélységű területeken az alsópannon legfelső részén helyezkedik el, a sekélyebb vagy közepes mélységű részeken esetenként majdnem az egész alsópannont kitölti. Kisebb kiterjedésben (az ország ÉK-i részén) a felsópannonban is megtalálható.

Az egyes reflexiós időszakok felismerhető formák a delta üledékekhez hasonló képet mutatnak. Az ilyen jelenségformák a többszörös fedésű időszakok elterjedésével sok területen gyakorta előfordulónak bizonyultak és elméletek láttak napvilágot létrejöttének körülményeit és mechanizmusát illetően. Nagy területi elterjedése és a részterületek stabil dőlésiránya miatt azonban csak formai egyezségről beszélhetünk. Az összlet képződése időben nagy területeken közel egyszerre ment végbe. Keletkezése legnagyobb valószínűséggel tektonikai mozgásokhoz kapcsolódik. Az alsópannonban a lassú feltöltődést relatíve gyors sülyedés szakította meg. Ennek következtében nagy területre kiterjedően gyors üledékképződés indult meg, amely nagy távolságok mentén, egy időben, partmenti üledékeket rakott le. Ez a folyamat irányítottan (É-ről D felé) viszonylag rövid idő alatt töltötte fel a kialakult sülyedéket. Az üledékképződést az eltérő mértékű sülyedés, a helyi topográfia és áramlatok is befolyásolták, így csak átlagos trendek állapíthatók meg. Ez az oka a változatos alaki megjelenésnek is.

Mindennek következtében úgy véljük, hogy az általában jó reflexiókkal mutatkozó egyes felületek földtani értelemben egyidejű üledékeknek tekinthetők, dőlésirányban haladva azonban egyre fiatalabb rétegek következnek. Az is valószínű, hogy a folyamat előrehaladásával a korábban lerakódott rétegek felső része — legalábbis helyenként — lepusztult. A kialakult mélyedés teljes feltöltődése után kezdődött meg új ciklussal a felsópannon beltáji jellegű üledékek képződése.

Mindezek miatt az eltérő dőlésű összletet olyan speciális üledékcsoportnak kell tartanunk, amely metszeti formáit tekintve sokban hasonlít a delta üledékekre, de képződése intrapannon tektonikai mozgás következménye, ezért önálló összletnek kell tekintenünk. Így elképzelhetőnek tartjuk az összlet középső pannonként való elkülönítését.

Az eltérő dőléssel betelepült, főként agyag és homok rétegekből álló összlet felső részén kőzettanilag árnyékolt csapdákban szénhidrogén telepek alakulhatnak ki. Mivel az összlet jelentős kiterjedésű területen található meg, szénhidrogén-földtani jelentősége nagy lehet. Az alsó- felsópannon határ közelében eddig kimutatott és lencsésnek vélt előfordulások valószínűleg az összlethez kapcsolódnak.



5. ábra

Fig. 5

Рис. 5.

A további sikeres kutatás érdekében az egyes rétegek kiemelődését és térbeli elhelyezkedését pontosan tisztázni kell. Mivel szerkezeti formáinak térfrekvenciája kicsi, a pontos megismeréshez nagyrésztetességű reflexiós mérésekre és megfelelő számú fúrás mélyítésére is szükség van. Ezt a problémát az 5. ábra illusztrálja.

IRODALOM

- [1] Sz. Kálényi Éva dr. — Rákóczy István: Módszertani szeizmikus mérések a Nagyalföldön, Geofizikai Közlemények. Vol. XV. p. p. 41 – 56
- [2] J. B. Sangree, J. M. Widmier: Interpretation of depositional facies from seismic data, Paper Read at the 44 th Annual International SEG Meeting in Dallas, 1974.
- [3] Dr. Völgyi László: Szénhidrogéntelepek előrejelzésének lehetőségei földtani megfontolások alapján. Földtani Közöny 1976. Vol. 106. p. p. 503 – 527
- [4] Dr. D. A. Busch et al.: Applied petroleum geology school, Vienna, Austria 1975.

A geofizika helyzete a nyersanyagkutatásban*

DR. KAPOLYI LÁSZLÓ

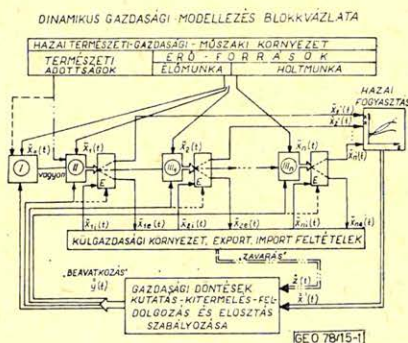
a műszaki tudományok doktora, nehézipari miniszterhelyettes

A nyersanyagkutatás és hasznosítás általános rendszere, s ebben a geofizika szerepe

A nyersanyagkutatás jelentős hányadát képviselő ásványi nyersanyagok kisajátításának és hasznosításának korszerű szemlélete kifejezésre juttatja a gazdaságnövekedés és az ásványvagyon-igénybevétel kölcsönhatásában érvényesülő alapvető tendenciákat, de figyelembe veszi a gazdasági környezet szüntelen változását is. Mai felfogásunk szerint az ásványvagyon megkutatása, kitermelése, előkészítése közbenső, illetve végtermékké való feldolgozása, (tehát a nyersanyagtermelés tágabb értelmezésű teljes folyamata) és a termékek rendeltetésszerű felhasználása egyetlen, egységes rendszert alkot.

Ezt az egységes rendszert a „Dinamikus modellezés blokkvázlata” c. 1. ábra mutatja be. Ez a séma a hazai természeti-gazdasági-műszaki környezet felvázolásával indul: amelyet két fő részre bont:

- természeti adottságok
- erőforrások: élőmunka
holtmunka.



1. ábra

Fig. 1

Рис. 1

Az 1. jelű blokk — és az ahhoz tartozó $\bar{X}_0(t)$ vektor — a megkutatott ásványvagyonot jelenti, ahol a vektor elemei a különböző ásványi előfordulások a t idő függvényében. Ezt a blokkot érintik a kutatásra vonatkozó döntések, valamint az élő- és holtmunka, amelyeket a kutatás lefolytatásához igénybe kell venni. Mindezek eredményeinek ismeretében megkezdődhet a kitermelés: a II. jelű blokk és az ahhoz tartozó $\bar{X}_1(t)$ vektor. Ehhez a fázishoz is szükségképpen tartozik valamilyen döntés, élő- és holtmunka-felhasználás, illetve egy elosztási

* Előadás az MGE Ifjúsági Bizottsága által rendezett Geofizikus Ifjúsági Napokon, 1978. III. 21-én, Visegrádon.

blokk. (E). Ez utóbbi – forrásoldalon kiegészülve az importtal $[\bar{X}_{1i}(t)$ vektor] – a kitermelt ásványvagyonot három fő irányba tereli:

1. hazai igény közvetlen kielégítése,
2. továbbfeldolgozás,
3. export $[\bar{X}_{1e}(t)]$.

A feldolgozás lépcsői a $III_1 - III_n$ blokkok – az $\bar{X}_2(t) - \bar{X}_n(t)$ vektorok – analóg szerepet játszanak, mint a II. blokk. A külgazdasági környezet a $\bar{z}(t)$ zavarással befolyásolja a döntéseket. A döntési blokk bemenete az igény $\bar{x}'(t)$ mátrixa, kimenete az $\bar{y}(t)$ beavatkozás mátrixa, amely az $\bar{x}(t)$ hazai termékszerkezet mátrixát generálja.

A mátrix egyenletek:

$$\bar{x}'(t) = \bar{A}(t) \bar{x}(t) + \bar{B}(t) \bar{x}_{\text{imp}}(t), \quad (1)$$

azaz az igény = hazai termelés + import.

$$\bar{x}(t) = \bar{C}(t) \bar{x}'(t) + \bar{D}(t) \bar{X} \exp(t), \quad (2)$$

azaz termelés = hazai igény + export,
és végül

$$\bar{y}(t) = f[\bar{x}'(t), \bar{z}(t)], \quad (3)$$

azaz a beavatkozás függ a hazai igénytől és a külgazdaság „zavaró” befolyásától.

Az elmondottakból következik, hogy a nyersanyagigények kielégítésére vonatkozó döntések megalapozása feltétlenül megkívánja a rendszer alkotóelemeinek vizsgálatát, és az egyes elemek időben is változó viszonyának mélyreható elemzését, függvénykapcsolatokkal való leírását, annak érdekében, hogy a mai döntés várható következményei felmérhetők legyenek.

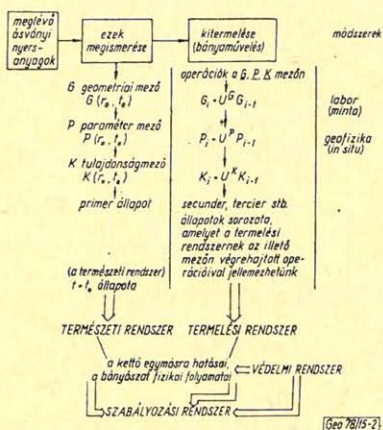
A döntéssel összefüggő – és az alkotóelemek szerint differenciálódó – feladatok megoldása a különböző tudományok legmagasabb színvonalát reprezentáló módszerek és technológiák alkalmazását igényli. A tudományterületi kapcsolatokat – és ezen belül a geofizika szerepét is – a feladatok jellege határozza meg.

Az ásványi nyersanyagok kutatása és kitermelése, amely tevékenységekhez a geofizika elsősorban kapcsolódik, az előbb említett egységes rendszeren belül két egymásra ható alrendszert alkot. Ezen alrendszereknek alkotóelemeit és egymásrahatásukat a 2. ábra érzékelteti. Az időfüggvényben t_0 -nak megfelelő primer állapotú természeti rendszert különböző mezők jellemzik. Ezek közül a geometriai és a tulajdonságmezők megismerésében, a felszíni geofizikai módszereknek, a paramétermezők megismerésében viszont elsősorban a mélyfúrás geofizikának van jelentős szerepe az egyéb tudományágakkal együttműködve. Példaként a paramétermezők vonatkozásában tüntettük fel a jelenlegi két alapvető megismerési módszert: a kőzetmintákon végzett laboratóriumi és – a fúrólyukhatás korrigálása után – in situ állapotnak megfelelő adatokat szolgáltatató geofizikai méréseket.

A megismerés folyamatában az egyes módszerekkel meghatározott adat-sorok konkrét értékeiből függvénykapcsolatokkal határozzuk meg a nyersanyag-előfordulásra és környezetére jellemző regionális jellemzőket. *Ezek a függvények*

általában sztohasztikus jellegűek. Így a bányaművelés számára például egy hidrológiai, vagy kőzetmechanikai paraméternek csak a várható értéke és a szórása adható meg bármilyen kutatási módszerrel megállapított mérési adatsorból.

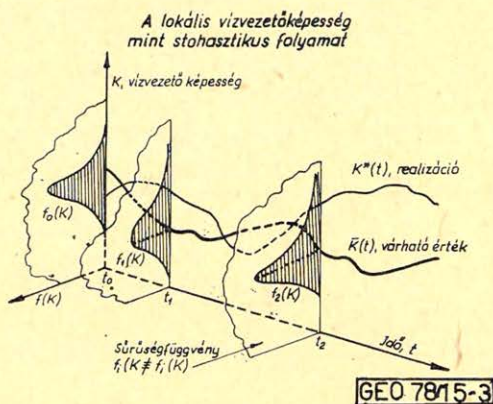
A bányaművelés hatására az ilyen sztohasztikus függvények az időben is változnak, vagyis mint a 2. ábra jelzi, szekunder, terciér stb. állapotok jönnek létre. Konkrét példaként a 3. ábrán a vízvezető-képesség sztohasztikusan változó jellegét mutatjuk be egy előrehaladó bányaművelettel kapcsolatban. Mint látható, egy adott t_i időpontra meghatározható a $K_{(t)}$ várható értéke és az $f_{i(K)}$ sűrűségfüggvény (szórás). Adott kezdeti és peremfeltételekre vonatkozóan megállapítható a $K_{(t)}$ valószínűségi változónak egy $K^*_{(t)}$ realizációja és ebből egy megadott valószínűségi szinthez tartozó maximálisan várható vízhozam is.



2. ábra

Fig. 2

Puc. 2



3. ábra

Fig. 3

Puc. 3

Visszatérve a 2. ábrához, látható, hogy a termelési rendszer visszahat a természeti rendszerre. Mivel nem tartozik a tárgyalathoz, csak jelöltük ennél az egymásrahatásnál a bányászati védelmi és szabályozási rendszereket. Az ezzel kapcsolatos kérdések már általában az ún. bányageofizika témakörébe tartoznak, amellyel most nem foglalkozom. Mielőtt rátérnék azonban részletesen a geofizikának az ásványi nyersanyagok kutatásában betöltött szerepére, a teljesség kedvéért egy konkrét példával érzékeltetem a geofizika felhasználását a bányaművelésnek a természeti rendszerre való visszahatása tanulmányozására.

A 4. ábrán látható az előrehaladó bányaművelet hatására a befolyásolt (felszakadt, ill. fellazult) kőzettér fogat alakulása. Mivel a rugalmas hullámok terjedési sebességét ezek a változások befolyásolják, a felszínről, ill. a vágatokból végzett robbantásoknak a megfigyelő fúrásban elhelyezett geofonokkal történő érzékelésével a fellazulási terület, ill. annak időbeli változása kimutatható.

A felszíni geofizikai mérések szerepe az ásványi nyersanyagok kutatásában

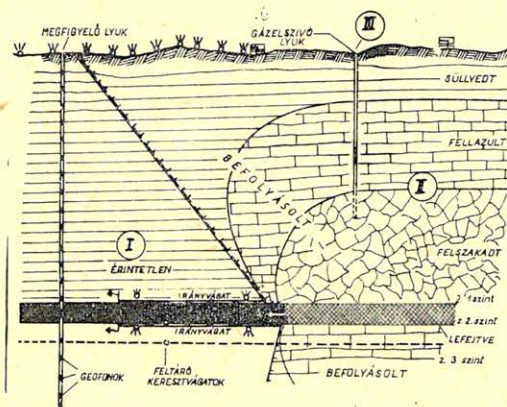
E kérdés tanulmányozásánál abból a megállapításból kell kiindulnunk, hogy a földtani kutatás megismerési folyamat, amely meghatározza:

- a litoszféra részét képező ásványi nyersanyagelőfordulás geometriai modelljét,

- a geometriai modellt kitöltő, szilárd, cseppfolyós és gázfázisú anyagoknak
- a vizsgált nyersanyagnak és természeti környezetének – jellemző tulajdonságait.

A geometria és a tulajdonságmező megismerése minőségileg különböző, de egymásra épülő szintet tételez fel:

- egyrészt a geometriai tér $P_i(x_i, y_i, z_i)$ pontjaihoz tartozó diszkrét tulajdonságok konkrét értékeinek rögzítését,
- másrészt, a diszkrét tulajdonságok konkrét értékekből felépíthető regionális eloszlásának meghatározását.



MEGFIGYELÉSI ÖVEZETEK

[GEO 78-154]

4. ábra

Fig. 4

Рис. 4

A kutatási feladat megoldása — a vizsgált nyersanyagelőfordulás gazdasági jelentőségének megítéléséhez szükséges természettudományi, műszaki és technológiai paraméterek meghatározása — különböző tudományágak széles körű és összehangolt együttműködését kívánja meg, de nem nélkülözheti a gazdaságossági megoldásokat sem. A kutatási program hatékony megvalósítását az adat-szolgáltatási és a gazdaságossági követelményeket egyaránt kielégítő módszerek célszerű alkalmazása biztosítja.

A hazai és a nemzetközi tapasztalatokat vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a földtani kutatási program keretében rendeltetésszerűen alkalmazott, (a geológiai ismeretek alapján megtervezett és a mélyfúrási tevékenységgel összehangolt) geofizikai módszerek:

- elősegítik a geometriai modell közelítő meghatározását, a nyersanyag-előfordulás térbeli körülhatárolását, és
- értékes adatokat szolgáltatnak a tulajdonságmező megismeréséhez, a vizsgált nyersanyagra és annak környezetére jellemző fizikai, műszaki és technológiai paraméterek megállapításához.

Fontos szerepet játszanak a geofizikai információk a mélyfúrási tevékenység orientálásában, és ennek révén elősegíthetik a fúrásos kutatás költségének csökkentését, és a fúrási kapacitás optimális kihasználását.

Ezek a megállapítások egyaránt vonatkoznak a távérzékeléses (felszíni) és az in situ (mélyfúrási) geofizikai mérésekre — azzal a kiegészítéssel, hogy az adott feladatok megoldási lehetőségeit mérlegelve mindenkor figyelembe kell venni az említett méréstípusoknál, illetve a különböző mérési módszereknél szükségképpen alkalmazott egyszerűsítő feltevéseket. Ennek elmulasztása eredményezi a geofizikai mérésekkel kapcsolatosan esetenként tapasztalható szélsőséges nézetek kialakulását, és a geofizikai adatszolgáltatás irreális megítélését.

Az egyszerűsítő feltevések alkalmazása értelemszerűen következik a litoszféra megismerési lehetőségének nyilvánvaló korlátozottságából. A rendelkezésünkre álló eszközökkel és mérési-megfigyelési módszerekkel a litoszféra — és ezen belül a nyersanyag-előfordulás természeti rendszerének — *fizikai modelljét* alkothatjuk meg.

A litoszféra közettani határaihoz hasonlóan, a fizikai modellben is jelentkezőnek határfelületek, amelyek egy, vagy több fizikai tulajdonság megváltozását reprezentálják, és amelyek a modell egészét háromdimenziós elemekre bontják. Ebben a megfogalmazásban *a litoszféra fizikai modellje olyan geometriai testek összessége, amelyeket fizikai transzportváltozókkal egyértelműen jellemezhető anyag tölt ki.* A modell egészét folyamatosan kitöltő háromfázisú kontinuumot — mint említettük — szilárd, cseppfolyós és gázfázisú anyagok alkotják. *A modell leírása* — valamely vizsgált mennyiség (fizikai tulajdonság) tekintetében — *geometriájának és a vizsgált mennyiség (fizikai tulajdonság) térbeli eloszlásának megadásában áll.*

A modell-geometria fogalma a határfelületre épül, amely kétdimenziós elem, és egy vagy több jellemző mennyiség (fizikai tulajdonság) számára ugrásfelület. A jellemző mennyiség mérésére alkalmas módszerrel a jellemző mennyiség határfelülete kimutatható. *A határfelület tehát geometriai és egyben fizikai eleme is a modellnek.*

A határfelület — ugrás, vagy szakadási felület — ily módon történő definíciója semmiképpen sem sérti a folytonos átmenetek alapvető követelményét, mert a transzportfolyamat számára nem jelent szakadást.

A határfelületekkel meghatározott fizikai modellek általában jól megközelítik a vizsgált nyersanyagelőfordulás természeti rendszerét. Tudjuk azonban, hogy a természeti rendszerek bonyolultsága geometriájukban is tükröződik. A tényleges geometria kielégítő mértékű megközelítését — a megismerési folyamat egyik alapvető követelményét — és a különböző módszerekkel mért mennyiségek, (fizikai tulajdonságok) térbeli eloszlásának meghatározását — a tulajdonságmező megismerését — a geometriai modell célszerű megválasztása biztosítja. Különösen fontos követelmény ez a felszíni (távérzékeléses) méréseknél, ahol a mérőberendezés nincs közvetlen kapcsolatban a mérendő, vagy vizsgálandó térrel, hanem azzal valamilyen erőter (pl. gravitációs, vagy elektromos) kapcsolja össze.

A földtani kutatás keretében leginkább alkalmazott felszíni geofizikai módszerek, a gravitációs, szeizmikus, elektromos és mágneses mérések, a gravitációs gyorsulás értékéről, a longitudinális hullámterjedés sebességéről, a fajlagos közetellenállás és az elektromos gerjeszthetőség mértékéről, és a mágneses tulajdonságokról szolgáltatnak adatokat. *A mért adatok helyes értelmezéséhez közelítő modell-geometriák szükségesek.* Ezek közül:

- *a kétdimenziós modellek* az elnyúlt ércetek, karsztfolyosók, antiklinális szerkezetek,

- a horizontális sík modellek a vízszintes, legfeljebb 5° dőlésű széntelepek és kőzetes meddőrétegek,
- a sík modellek dőlt réteghatárokkal a vetők,
- a homogén közegben elhelyezkedő közel vízszintes, vagy függőleges hasáb illetve henger-modellek telérek, végül
- a homogén közegbe ágyazott gömb-modellek tömzsök és üregek geometriai megközelítésére alkalmasak.

A fizikai modell anyagát az állapotjellemzők – az extenzív és az intenzív mennyiségek helyi és időbeli értékei – jellemzik. A transzportegyenletekben az említett mennyiségeken kívül még anyagállandók is szerepelnek, amelyek a fizikai közegre jellemző, többé-kevésbé invariáns mennyiségek. Méréselméleti szempontból nincs lényegi különbség a transzportmennyiségek és az anyagállandók között.

Az egyszerűsítő feltevések és a méréselméleti alapfogalmak vázlatos áttekintése lehetővé teszi a geofizikai mérés feladatának általános jellegű – tehát a megismerési folyamat követelményeire is kiterjedő – megfogalmazását. Eszerint a geofizikai mérés olyan adatsorozat megállapítására irányul, amelyből vagy közvetlenül (a mérőműszer leolvasása révén), vagy közvetett módon (számítással) megadhatók:

- a modell adott módszerrel mérhető paraméterei – az állapotjellemzők, illetve az anyagállandók – és
- a paraméterek ugrásszerű változását reprezentáló határfelületek.

A természeti rendszerek bonyolult viszonyai, és a megismerés széles körű követelményei értelemszerűen megvilágítják a komplex kutatások jelentőségét, de felhívják a figyelmet a geofizikai mérési módszerek továbbfejlesztésének, és a mérési eszközök folyamatos korszerűsítésének a szükségességére is. A megoldásra váró feladatok közés sorolhatjuk:

1. A nagy felbontóképességű mérőműszerek és mérési eljárások (például a vibroseizmikus mérések) jelenleginél szélesebb körű alkalmazását.
2. Olyan módszertani és műszerfejlesztési koncepció kialakítását, amelynek megvalósítása előbbre viszi a színesérc-előfordulások felszíni kutatását, a f.a. 100–500 m közötti mélységtartomány felderítését, a mecseki szénbányászat bonyolult földtani problémáinak lehetőség szerinti megoldását.
3. A számítógépes adatfeldolgozás kiszélesítését.

A bevezetésben mondtak szerint, a viszonylag nagy területre kiterjedő, következőképpen átlagolt, de regionális jellegű információkat szolgáltató felszíni geofizikai mérések rendeltetésszerű feladata a geofizikai vizsgálatoknál lényegesen költségesebb mélyfúrási tevékenység orientálása. E feladat megoldása – a földtani kutatás eredményessége és gazdaságossága – feltétlenül megköveteli:

- a geofizikai program és a mélyfúrási tevékenység célszerű, tehát olyan értelmű összehangolását, hogy a geofizikai mérések mindenkor megelőzzék a szélesebb körű fúrási tevékenységet,
- a geofizikai adatszolgáltatás meggyorsítását, annak érdekében, hogy a mélyfúrások optimális kitűzéséhez szükséges adatok kellő időben rendelkezésre álljanak,
- a visszacsatolás megszervezését: a felszíni geofizikai, a mélyfúrási geofizikai és a fúrómagokon meghatározott kőzetfizikai paraméterek és a földtani adatok értékelésének egybevetésének folyamatosságát, a korrelációs lehetőségek tisztázását.

Az ásványi nyersanyag-előfordulások megismerésére irányuló fúrási tevékenységben mindinkább növekvő jelentőségűek a mélyfúrási geofizikai vizsgálatok, amelyeknek feladatkörét az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. Nyersanyagtelepek kimutatása, minőségi és technológiai jellemzők megállapítása.
2. A telepek környezetére, és ezzel összefüggésben a művelési feltételekre vonatkozó paraméterek megállapítása.
3. A nyersanyagnak, és környezetének térbeli helyzetére vonatkozó információk szolgáltatása.
4. A mélyfúrási geofizikai adatok beillesztése a földtani kutatás információs rendszerébe, annak érdekében, hogy a kutatás gazdaságos kivitelezése biztosított legyen.

Sorrendben vizsgálva az említett feladatokat, megállapíthatjuk, hogy a hazai színesérc és egyes ásványbányászati nyersanyagok kivételével, a mélyfúrási geofizikai módszerekkel a telepek geometriai modelljének meghatározása, vagyis a *művelő telepek kimutatása* megoldottnak tekinthető. A színesércet vonatkozásában különösen a szulfidos ércek megkülönböztetése igényel mielőbbi megoldást. Feltételezhető, hogy a röntgen radiometrikus szelvényezési eljárás bevezetése jelentős előrelépést biztosít ezen a téren.

A fúrással harántolt nyersanyagtelepek tulajdonságainak in situ (tehát mélyfúrási geofizikai) minősítésére — a telepek minőségi jellemzőinek meghatározására — eddig csak a szénhidrogén- és az uránérc kutatásban dolgoztak ki ipari körülmények között alkalmazható karotázsmódszereket. A legutóbbi években végzett kutatási és fejlesztési tevékenység eredményeként, ma már a szénkutatás területén is rendelkezésre állnak azok a műszerek és mérési módszerek, amelyek az átfúrt szénrétegek in situ térfogatsúlyáról és össz-hidrogéntartalmáról adnak — a laboratóriumi vizsgálati adatokkal összevethető pontosságú — információkat. Ezek a kétségekívül jelentős eredmények azonban önmagukban véve nem biztosítják a szénrétegek egyértelmű minősítését, amely feltételezi a hamuszázalék, a nedvességtartalom és a fűtőérték előzetes meghatározását. A szóban forgó feladat akár csak közelítő megoldáshoz is olyan műszerek és módszerek alkalmazása szükséges, amelyek biztosítják:

- a hamutartalom in situ meghatározását,
- az össz-hidrogéntartalom komponensekre való bontását, tehát a nedvességtartalom in situ megállapítását.

A bauxitkutatás területén — az Al/Si modulus in situ meghatározása érdekében — kívánatos lenne a neutronaktivációs szelvényezés továbbfejlesztése.

A felsorolásban említett második feladatkör — *a telepek környezetére és a művelési feltételekre jellemző paraméterek megállapítása* — a mélyfúrási geofizika ilyen célú továbbfejlesztését igényli. Ebben a feladatkörben kiemelt jelentőségűek azok a vizsgált nyersanyagra és a nyersanyag környezetére jellemző közetmechanikai viszonyok tisztázását. Ezen a téren az elmúlt két évben (az eocén-program aknatengely fúrásaiban) végzett karotázsmérések feldolgozása hozta az első biztató eredményeket. A szénkutatásban alkalmazott szelvénykomplexum feldolgozásából származó, részben kvalitatív jellegű, részben korrelációs úton meghatározott adatok hasznos információkat szolgáltatnak pl. a duzzadó

agyagokról és a folyásra hajlamos homokokról — de még nem elégték ki a bányászat ilyenirányú igényeit. Annak érdekében, hogy a szilárdsági jellemzők in situ meghatározásának célkitűzése megvalósuljon, kiemelten fontos feladatnak jelölendő meg

- a longitudinális és a transzverzális hullámok egyidejű detektálására alkalmas — a lehetőség szerint 65 mm-nél nem nagyobb átmérőjű — akusztikus mérőszondák mielőbbi alkalmazása, és
- a sűrűségértékéről információt szolgáltatató kompenzált gamma-gamma szelvényezési módszer további finomítása.

Nagy jelentősége van a szeizmokarotázs módszer további alkalmazásának, és a folyamatos hőmérsékleti szelvényezési módszer jelenleginél sokkal szélesebb körű felhasználásának.

Nem egyértelműen megoldott a vízveszélyes, permeábilis kőzetek karotázs-módszerekkel történő meghatározása. E téren részben a korábban már alkalmazott módszerek továbbfejlesztése, részben újabb módszerek (így a permeabilitás közvetlen becslésére szolgáló nukleáris mágneses rezonancia módszer) bevezetése jelenthet előrelépést.

A perspektivikus igények között kiemelem a kőszéntelepek gáztartalmának és öngyulladás hajlamának in situ mérésére alkalmas műszerek, illetve módszerek kifejlesztését. A gáztartalom meghatározás valószínűleg többféle szelvényezési módszer komplex feldolgozása útján, az öngyulladás hajlam pedig a szorpciós hőtermelés meghatározásával lenne megközelíthető (ehhez $\pm 0,1^\circ\text{C}$ érzékenységgű szondák volnának szükségesek).

A nyersanyagoknak és környezetének térbeli helyzetére vonatkozó adatszolgáltatást vizsgálva abból a megállapításból kell kiindulnunk, hogy a mélyfúrási geofizikai mérések diszkrét, de csak lokális jellegű (a fúrólyuknak legfeljebb 1–2 méteres környezetében értékelhető) adatokat szolgáltatnak a fúrással harántolt nyersanyagoknak és környezetüknek; a fedő és a fekü-rétegeknek — térbeli helyzetéről. Ez az adatszolgáltatás megfelel a megismerés első szintjével kapcsolatosan említett követelménynek; biztosítja a geometriai tér vizsgált pontjaihoz tartozó — és az adott karotázsmódszerrel mérhető — diszkrét tulajdonságok konkrét értékeinek rögzítését.

A geometria és a tulajdonságmező erre épülő második szintje, tehát a diszkrét tulajdonságok konkrét értékekből felépíthető regionális eloszlásának meghatározása jelenleg a mélyfúrási geofizikai szelvények — a fúrési háló sűrűségének megfelelő pontosságú — *korrelációjával* történik. Ez a korreláció általában pontosabb, mint a hagyományos, makroszkópos anyagfeldolgozáson alapuló szerkesztés. Ezen korreláció alapján

- a mélyfúrási és felszíni geofizikai mérések regionális összevetése a vizsgált fizikai tulajdonság vonatkozásában feltételezi a felszíni méréssel meghatározott határfelületek és a megfelelő mélyfúrási geofizikai módszerrel kimutatott réteghatások egybeesését, illetve korrelálhatóságát.

A szilárdásvány kutatásban

- a szükséges lépés a maximum 113 mm átmérőjű fúrólyukakban is kivitelezhető rétegdőlésmérési eljárás kifejlesztése, amelyet a nagyobb átmérőjű, például olajkutató fúrásokban eredményesen alkalmaznak.

A mondottakon kívül indokoltnak látszik azoknak a korszerű mérőszondáknak, illetve mérési eljárásoknak kifejlesztése és mielőbbi alkalmazása, amelyek lehetővé teszik a jelenleg alkalmazott mérőszondák mérési körzetének túllépését. Ilyen lehetőségnek látszik pl. a külföldön bányageofizikában már alkalmazott akusztikus reflexiós módszer fúróluk viszonyokra való adaptálása.

A nyersanyag-előfordulás megismerése, és a földtani kutatás gazdaságossága szempontjából egyaránt különös figyelmet érdemel a *mélyfúrási geofizikai adatoknak a földtani kutatás információs rendszerébe történő beillesztése.*

A nyersanyagkutatás egészét tekintve szembevetendő — de objektív tényezőnek tulajdonítható — különbség mutatkozik a szénhidrogén-kutatásban kialakult és a szilárd ásványi nyersanyagok területén fennálló információs rendszerek között. A szénhidrogén-kutatásban a mélyfúrási geofizika szolgáltatja a fúrással harántolt képződményekre vonatkozó információk túlnyomó többségét: a magfúrásos kutatás részaránya csupán 2–5%-a az évenként lemélyített folyóméterhossznak. Ez a gyakorlat arra utal, hogy a szénhidrogén-kutatásban alkalmazott mélyfúrási geofizika magas színvonala — amely sokévtizedes gyakorlat eredményeként alakult ki — messzemenően biztosítja a kutatási feladatok megoldását.

A szilárd ásványi nyersanyagok földtani információs rendszere bizonyos kettősséget mutat abban az értelemben, hogy a mélyfúrási geofizika szolgáltatja a geometriai modell, vagyis a telepvastagságok és a réteghatások megállapításához szükséges adatokat, a minőségi jellemzők és a technológiai paraméterek tehát a tulajdonságmező vonatkozásában viszont csaknem kizárólagos szerepet játszanak a fúrási magminták laboratóriumi vizsgálatából származó információk. A jelenlegi helyzet fokozatosan történő megváltoztatását az alábbi szempontok indokolják:

- a laboratóriumi vizsgálatok során meghatározott paraméterek nem szükségképpen azonosak az in situ állapotról jellemző értékekkel, — a mintavétel és a vizsgálatok körülményei értelemszerűen befolyásolják az eredményeket,
- a mélyfúrási geofizika fejlődése a szilárdásvány kutatásban már lehetővé teszi pl. barnakőszén- és lignitkutatás esetén a minőségi jellemzők geofizikai úton történő megadását,
- a magfúrássok költsége lényegesen magasabb, mint a teljes szelvénnel lemélyített fúrásoké, tehát megnöveli a földtani kutatás költségsszínvonalát,
- a 100%-os magkihozatal rendszerint nem valósítható meg, a mélyfúrási geofizika viszont folyamatos információkat szolgáltat a fúrással harántolt kőzetekről.

Az előrelépés legfontosabb előfeltétele az ásványi nyersanyagok kutatásában használatos karotázsmódszerek további tökéletesítése, olyan mérési eljárások kidolgozása, amelyek biztosítják a bányászat számára elsőrendűen fontos paraméterek — különösen a szilárdsági jellemzők — in situ meghatározását. Ezzel együtt tanulmányoznunk kell a már meglevő eredmények hasznosításának lehetőségeit, fel kell kutassunk azokat a tényezőket, amelyek elősegíthetik a kétféle információs rendszer optimális arányának kialakítását a különböző kutatási fázisokban.

A mélyfúrási geofizikában is kiemelkedő jelentőségű feladat a számítógépes adatfeldolgozás széles körű elterjesztése.

A célkitűzéseink között szereplő *földtani-bányászati adatbank* mielőbbi megvalósítása érdekében hangsúlyozni kívánom a digitális rögzítésű szelvényező berendezések alkalmazásának jelentőségét. Kétségtelen tény, hogy a digitális rögzítésű berendezések kívánatos mérvű rendszeresítése számottevő beruházási költséget és hosszabb időt igényel, de addig is fokozottan kell élni az analóg adatok digitalizálási lehetőségével. Annál is inkább, mert az ehhez szükséges berendezések hazai gyártásból beszerezhetők.

Meg kell gyorsítani a kutatási szempontoknak megfelelő software-ek kidolgozását is. Az e téren elért eddigi eredmények nagyra értékelhetők, de a különböző ásványi nyersanyagokra, illetve az egyes paraméterekre lebontott programok elkészítése még hátralevő — és mindenképpen sürgető — feladat.

Az eddigiekben a felszíni és mélyfúrási geofizika szerepét és feladatait az ásványi nyersanyagok és környezetük megismerése szempontjából vizsgáltuk. Mint a bevezetésben már utaltam rá, a nyersanyagigények kielégítésére vonatkozó döntések megalapozása általában megkívánja a blokkrendszerben vázolt egységes rendszer alkotó elemeinek vizsgálatát. E rendszer első blokkját alkotó nyersanyagvagyon megkutatására irányuló tudományterületek (geofizika, geológia, kőzetmechanika stb.) közötti *kapcsolatok időben is változó viszonyának rendszerszemléletű elemzése*, ezen viszonyoknak a természeti adottságok és az erőforrásokat figyelembe vevő *függvénykapcsolatokkal történő leírása* szükséges és sürgős feladat. Ezen az úton érhető el a kutatások minőségi és gazdasági szempontból egyaránt optimális kivitelezésének megvalósítása.

Könyvszemle

Electromagnetic Field of the Earth, a Szlovák Tudományos Akadémia Kiadóvállalatának kiadása, Bratislava, 1978. Szerkesztette: M. Hvozďara. 195 old.

Az ógyallai (most Hurbanovói) mágneses obszervatórium 75-ik évfordulója alkalmából ünnepi szimpóziumot rendeztek 1975. október 8 — 10. között Hurbanovóban és Smolenicében. A kötet az ott elhangzott előadások szövegét tartalmazza az alábbi felosztás szerint:

A) Nap — Föld — fizika, 9 — 41. old.

B) A fő mágneses tér és annak változásai, 49 — 143. old.

C) Mágneses műszerek és méréstechnika, 159 — 195. old.

A Szimpóziumon magyar részről is több előadás hangzott el, ezek a következők:

Barta Gy.: A földmágneses tér évszázados változása és a Föld belső szerkezete, 49 — 57. old.

Tátrallyay M.: Alternáló elektromotoros tér perturbációi a Föld belsejének vezetőképesség-inhomogenitásai következtében, 135 — 143. old.

Hegymegi L. — *Tóth P.*: Automatikus digitális regisztráló rendszer a tihanyi obszervatórium-ban, 167 — 171. old.

Az előadások nyelve angol és orosz volt. A könyv kiállítása igen tetszetős, sok szöveg közti és részben színes ábrával. Az anyag áttekintést nyújt a közelmúltban Csehszlovákiában és a szomszédos szocialista országokban végzett földmágneses kutatásokról.

Magnetotellurikus impedancia-tenzor számítása leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítéssel*

F E R E N C Z Y L Á S Z L Ó **

A magnetotellurikában a mért adatok jelentős részét befolyásolhatják az elméleti összefüggésben figyelembe nem vett fizikai hatások, amelyek az eredmények grafikus ábrázolásánál kieső pontokat okozhatnak és az eredményeket a számítás folyamán nagymértékben torzíthatják.

Az eddig használt feldolgozási eljárások a különböző frekvenciákra megszürt adatokból olyan válogatási módszereket adnak, amelyek valamilyen feltétel alapján (pl. koherencia) elhagyják a feltételt ki nem elégítő adatokat, általában adatsortokat.

A tanulmány a magnetotellurikus impedancia-tenzor elemeinek meghatározására egy alapjaiban új feldolgozási eljárást mutat be. A számítás folyamán a leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítés segítségével az egyes időpontokhoz tartozó adatok különböző súlyértékeket kapnak, így a fizikai alapfeltevést még közel sem teljesítő adatok, kis súlyuk miatt, a végeredmény szempontjából szinte figyelmen kívül maradnak.

A leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítéssel nyert eredményekből — a hagyományos, legkisebb négyzetek elve szerint számított eredmények összehasonlításával, valamint a térkomponensek közötti koherenciák súlyozás előtti és utáni vizsgálatával — az alábbi következtetések vonhatók le:

1. A kieső pontok a leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítés és a végeredmény szempontjából is figyelmen kívül maradnak.
2. Az elektromos és mágneses komponensek közötti koherencia a vizsgált esetekben a súlyozás után (ún. súlyozott koherencia) emelkedett.
3. Kieső pontok esetében a leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítés hibáját jellemző érték (ϵ_0) lényegesen kisebb a legkisebb négyzetek elve szerinti kiegyenlítés szórásánál (σ).

На значительный объем магнитотеллурических данных влияют физические эффекты, не учитываемые теоретическими соотношениями, что может привести к выпадению пунктов при графическом представлении результатов и к значительному искажению результатов в процессе вычислений.

В применявшихся до сих пор методах обработки данных предусмотрены приемы сортировки данных, профилированных по различным частотам, которые по определенному условию (напр. когерентности) исключают данные, чаще всего наборы данных, не удовлетворяющих этому условию (напр. когерентности)

В настоящей работе предлагается принципиально новый метод определения элементов тензора магнитотеллурического импеданса. В процессе вычислений, с выравниванием по величинам, характеризующимся наибольшей повторяемостью, получают средневзвешенные данные для различных моментов времени, благодаря чему данные, далеко не выполняющие основное физическое предположение, почти не учитываются в связи с их малым весом.

По результатам, полученным на основе выравнивания по величинам наибольшей повторяемости, путем сопоставления их с результатами, полученными стандартным способом по принципу наименьших квадратов, а также по изучению когерентности компонент до и после их взвешивания, можно делать следующие выводы:

1. Выпадающие пункты не учитываются ни с точки зрения выравнивания по величине наибольшей повторяемости, ни с точки зрения окончательного результата.
2. Когерентность между электрической и магнитной составляющими повысилась после взвешивания (так назыв. взвешенная когерентность)
3. Для выпадающих пунктов величина, характерная для погрешности выравнивания по величине наибольшей повторяемости (ϵ_0), значительно ниже по сравнению с разбросом выравнивания по принципу наименьших квадратов (σ).

In magnetotellurics the measured data may be seriously influenced by physical effects usually neglected in the theoretical formulae. These might lead to quite dropped-out points on the graphical plots and could significantly distort the computed results.

* Előadás a XXIII. Geofizikai Szimpóziumon, Várnában, 1978. X. 4–7.

** NME, Geofizikai Tanszék, Miskolc

The methods used till now were based on some selection principle which rejected from among the data filtered for various frequency bands certain singular data or groups of data not meeting a previously fixed condition (e.g. coherence).

The lecture introduces a new method for the calculation of the elements of the magnetotelluric impedance tensor. Data belonging to different time instants will be assigned with different weights — on the basis of an adjustment with respect to the most frequent values — thereby the contribution of data not even approaching the presumed physical conditions will be small and the final result will be virtually free of unwanted effects.

The following conclusions can be made based on actual examples:

1. neither the adjustment based on the most frequent values nor the final result is effected by the dropped-out points;
2. after weighting the coherence between the electric and magnetic components increases;
3. the error for the dropped-out points adjusted by the most frequent value principle is considerable smaller than with the least squares method.

1. Bevezetés

A magnetotellurikában a földtani információt a felszínen mérhető elektromos és mágneses térerősségekből számítható impedancia-tenzor tartalmazza, ami ezen terek közötti összefüggést fejezi ki. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy nem minden időszak használható fel az impedancia-tenzor meghatározására. Feltehetőleg a mikropulzáció (vagy más variáció) forrásának helyzetétől függően bizonyos időszakokban a mágneses és az elektromos komponensek közötti elméleti összefüggés nem érvényesül. Ezenkívül időnként fellépő kóboráramok, a digitalizálás vagy a digitális felvétel hibái is arra vezetnek, hogy a korreláció mértéke csökken. Így a mért komponensek jelentős hányadát befolyásolhatják az összefüggésben figyelembe nem vett fizikai hatások, melyek az eredmények grafikus ábrázolásánál kieső pontokat okozhatnak és az eredményeket a számítások folyamán nagymértékben torzíthatják. Kieső pontoknak általában a vizsgált folyamat szempontjából valószínűtlenül nagymértékben szóró pontokat nevezzük.

A feldolgozás során gondoskodni kell arról, hogy az elméleti feltételeket még közelítőleg sem teljesítő adatokat valamilyen módon elhagyjuk. A kieső értékek előzetes kiküszöbölése az analóg feldolgozásnál részben szubjektíven megoldható, de a digitális feldolgozásnál már nehézségekbe ütközik. A szakirodalomban eddig közölt eljárások a különböző frekvenciára megszürt adatokból olyan válogatási módszert adnak, amelyek valamilyen feltétel (pl. koherencia feltételek) alapján elhagyják a feltételt ki nem elégítő adatsortokat.

Dolgozatomban olyan — alapjaiban új — feldolgozási eljárást mutatok be, mely ugyan figyelembe veszi az összes adatot, de automatikusan képezi az azonos időponthoz tartozó adatok (elektromos és mágneses komponensek) súlyát a leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítés segítségével.

2. Az impedancia-tenzor elemeinek meghatározása leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítéssel

2.1. A magnetotellurikában az E_x , E_y elektromos komponensek a H_x , H_y mágneses komponensek függvényeiként írhatók le:

$$E_x = Z_{xx} H_x + Z_{xy} H_y \quad (1)$$

$$E_y = Z_{yx} H_x + Z_{yy} H_y, \quad (2)$$

mely egyenletek csak a benne szereplő Z_{xx} , Z_{xy} , illetve Z_{yx} , Z_{yy} impedanciák helyes értékének ismeretében definiálják E_x , ill. E_y értékeit. Ha az impedanciá-

kat a leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítés segítségével határozzuk meg, akkor eredményként általában írva, az $M(Z, H)$ felületet kapjuk.

2.2. A leggyakoribb érték (M) az a mennyiség, melyet a mért értékek zöme súlypontként definiál, így kieső pontokra nem érzékeny, hiszen ezek eleve kívül esnek a nagy gyakoriságértékeket mutató szakaszon.

Ismert tény, hogy a várható érték (V) és a szórás (σ) fogalompár milyen szoros kapcsolatban van a legkisebb négyzetek elvével. Ahogy σ méri V határozatlanságát, úgy méri az ún. reciprok kohézió (ε_0) M határozatlanságát [1].

Nézzük meg a legegyszerűbb esetben (egy valószínűségi változó) a leggyakoribb érték (M) számítását:

$$M = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} xq(x, \varepsilon) f(x) dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} q(x, \varepsilon) f(x) dx}, \quad (3)$$

ahol

$$q(x, \varepsilon) = \frac{1}{(x - M)^2 + \varepsilon^2},$$

x a valószínűségi változó felvett értéke és $f(x)$ a valószínűségsűrűség-függvény. Ha M és $\varepsilon = \varepsilon_0$ eleget tesz (3)-nak és egyidejűleg a következő feltételnek is:

$$\overline{F}(\varepsilon) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varepsilon^{3/2} q(x, \varepsilon) f(x) dx = \text{maximum}, \quad (4)$$

akkor M -t leggyakoribb értéknek és ε_0 -t reciprok kohézióknak nevezzük. A (4) feltétel teljesítésével tulajdonképpen azt az $\varepsilon^{3/2}q(x, \varepsilon)$ görbét keressük, mely legjobban hasonlít $f(x)$ -hez.

Többváltozós esetben az átlagképzést a kiegyenlítő számítás helyettesíti. Magnetotellurikában az (1), (2) egy-egy sík egyenletei, melyeket külön-külön kezelve, belőlük kiegyenlítéssel meghatározhatók az impedancia értékei. A leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítésnél a (4) mellett a következő egyenleteket kell kielégíteni:

$$Q_1 = \sum_n q |E_x - (Z_{xx} H_x + Z_{xy} H_y)|^2 = \min, \quad (5)$$

$$Q_2 = \sum_n q |E_y - (Z_{yx} H_x + Z_{yy} H_y)|^2 = \min, \quad (6)$$

ahol az elektromágneses tér komponensei és az impedanciák komplex számok, q a súlyérték, mely (5)-ben

$$q = \frac{1}{[E_x - (Z_{xx} H_x + Z_{xy} H_y)]^2 + \varepsilon^2} \quad (7)$$

és (6)-ban

$$q = \frac{1}{[E_y - (Z_{yx} H_x + Z_{yy} H_y)]^2 + \varepsilon^2}. \quad (8)$$

2.3. A (3) és (4) egyenletek megoldásához a következő algoritmus használható:

- A legkisebb négyzetek elvén alapuló kiegyenlítés elvégzése, mely gyakorlatilag a Berdicsevszkij által 1968-ban közölt összefüggésekkel történik [2].
- A kezdő ε képzése a V szerinti kiegyenlítéssel kapott eredmények és a mért értékek eltérései alapján.
- Az $\overline{F}(\varepsilon)$ függvény maximumának keresése, mégpedig úgy, hogy közben V szerinti kiegyenlítést végzünk a (7), (8) alapján képzett q súlyokkal.

A fenti algoritmus alapján számítógépes program készült [3], mely az impedanciák várható érték (V) és leggyakoribb érték (M) szerinti meghatározásán felül koherencia számítást is végez súlyozás előtt (hagyományos módon) és súlyozás után (súlyozott koherencia).

3. A programmal számított eredmények és a belőlük levonható következtetések

A leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítéssel számított impedancia-tenzor elemeinek helyességét, pontosságát, megbízhatóságát a várható érték szerinti kiegyenlítés eredményeinek és a koherenciák meghatározásának segítségével vizsgáltam. Több, különböző helyen felvett regisztrátumból komplex szűréssel nyert adatrendszert dolgoztam fel, melyek közül a leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítés szempontjából a legjellemzőbbet mutatom be.

3.1. Az impedanciák értékeinek alakulása kieső pontok esetén:

A várható érték (V) szerinti kiegyenlítésnél minden adat egyforma súllyal szerepel. Ebből következik, hogy a kieső pontok a várható értéket torzíthatják. A kiegyenlítésben résztvevő adatok számától függően már 2–3 kieső pont is okozhatja a V szerinti kiegyenlítés eredményeinek jelentős torzulásait. Az M szerinti kiegyenlítés azonban az eredményül kapott felületet definiáló, kis eltérésű értékektől távolesőket kis súllyal veszi figyelembe.

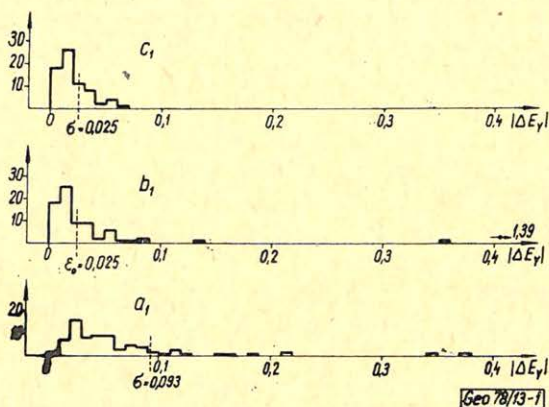
Az 1. táblázat egy gyakorlati (kis pontszámú) adatrendszerre meghatározott

1. táblázat

$ \Delta E_x (V)$	$ \Delta E_x (M)$	q	q/q_{\max}
0,01763	0,01433	1770,8	0,68
0,04960	0,05703	276,9	0,11
0,06903	0,07643	161,3	0,06
0,02882	0,03742	568,4	0,22
0,00864	0,00527	2583,3	0,98
0,02320	0,00881	2288,6	0,87
0,02006	0,01372	1826,4	0,70
0,02193	0,02077	1264,4	0,48
0,01425	0,01769	1487,9	0,57
0,02304	0,02637	948,3	0,36
0,00587	0,00818	2345,9	0,89
0,01649	0,00877	2292,8	0,87
0,02221	0,01575	1646,2	0,63
0,01038	0,00715	2436,7	0,93
0,01191	0,01128	2055,4	0,78
0,10087	0,00646	2493,5	0,95
0,00179	0,00469	2622,7	1,00
0,01710	0,01285	1907,3	0,73

V szerinti eltéréseket, $\Delta E_x^{(V)}$; M szerinti eltéréseket, $\Delta E_x^{(M)}$; a súlyokat, q ; valamint a maximális súlyhoz viszonyított súlyértékeket, q/q_{\max} tartalmazza. Látható, hogy V - és M szerinti kiegyenlítéssel számított eltérések értéke különböző. A súlyok aránya jól tükrözi két adat (vastag betűvel jelölve) kieső voltát.

Még szemléletesebb képet mutat az 1. ábra, ahol egy gyakorlati adatrendszer $|\Delta E_y|$ eltéréseinek gyakorisági görbéi láthatók; az a) esetben a V szerinti kiegyenlítés eredményéből adódó eltérések széles intervallumban találhatók, a szórás, $\sigma = 0,093$; a b) esetben ugyanazon adatrendszer M szerinti kiegyenlítéssel számított eltéréseinek zöme lényegesen keskenyebb intervallumon belül helyezkedik el, a kis eltérések gyakorisága nő, a reciprok kohézió, $\varepsilon_0 = 0,025$. Látható, hogy a gyakorisági görbe maximumától 3 érték nagyon távol esik, azaz kieső pontként kezelhető. A legnagyobb $|\Delta E_y|$ értékeket mutató adatokat elhagyva (az 1.b. ábrán ponttal jelölve) és csak V szerinti kiegyenlítést végezve az 1.c. ábra gyakorisági görbéje adódott, $\sigma = 0,025$ szórással. Gyakorlatilag b) és c) között különbség nincs, ami azt jelenti, hogy az M szerinti kiegyenlítés olyan kis súllyal vette figyelembe a nagyon kieső adatokat, mintha nem is léteznének.



1. ábra. $\|\Delta E_y\|$ eltérések gyakorisági görbéi. a) – V szerinti kiegyenlítésnél, b) – M szerinti kiegyenlítésnél, c) – a legnagyobb $\|\Delta E_y\|$ értékek elhagyása után V szerinti kiegyenlítésnél.

Рис. 1. Истогаммы отклонений a – для исправления относительно b – для исправления относительно c – для исправления относительно после устранения максимальных значений

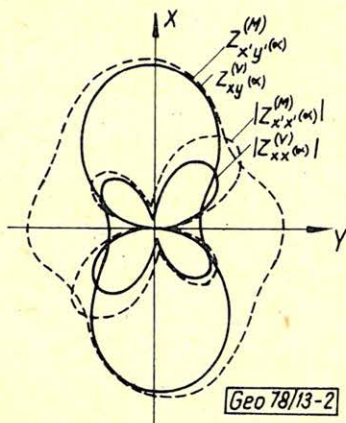
Figure 1. Histograms of the deviations $\|\Delta E_y\|$ a) for the adjustment with respect to V b) for the adjustment with respect to M c) for the adjustment with respect to V after neglecting the largest $\|\Delta E_y\|$ values

Nézzük meg az 1. ábra adatrendszeréből számított impedanciák alakulását:

	$ Z_{xx} $	$ Z_{xy} $	$ Z_{yx} $	$ Z_{yy} $
V szerint	0,29	2,75	0,74	0,09
M szerint	0,65	2,84	2,12	0,04

Lényeges, majdnem háromszoros változás adódott $|Z_{yx}|$ -re M szerinti kiegyenlítéssel számolva. Hogy az M szerinti értéket fogadjuk el, azt az 1. ábra és az a tény bizonyítja, hogy erre a frekvenciára a V szerint számított érték a többi frekvenciára meghatározott $|Z_{yx}|$ -től annyira eltérő, amit a jelenség természete kizár.

Meghatároztam mindkét kiegyenlítésre az előző adatrendszer polár-diagramjait, melyek a 2. ábrán láthatók. Az impedancia-tenzor főirányai nem változtak, csak a főértékek főleg y irányban, mint ahogy azt várni is lehetett.



2. ábra. Az 1. ábra adatrendszeréből számított impedanciák polárdiagramjai V és M szerinti kiegyenlítésnél

Рис. 2. Полярные диаграммы импеданса, вычисленные по данным Рис. 1. путем исправления относительно знаменателей V и M

Figure 2. Polar diagrams of the impedances calculated from data shown in Fig. 1 by adjustments with respect to V and M

3.2. A koherencia értékek változása kieső pontok esetén

A koherenciákat, ha minden adat azonos súllyal vesz részt a számításban, lényegesen befolyásolhatják a kieső pontok, hasonlóan a V szerinti kiegyenlítés eredményeihez. Az M szerinti kiegyenlítésből ε_0 -nál adódó súlyokkal számított koherenciák viszont az (1), (2) összefüggést leginkább teljesítő adatokat jellemzik. Így a kieső pontok, melyek az alapegyenleteket még közel sem teljesítik, nem befolyásolják a koherencia értékét. Az M szerinti kiegyenlítésből adódó súlyokkal meghatározott koherenciákat megkülönböztetésül nevezzük súlyozott koherenciáknak.

Példaképpen ismét az 1. ábra adatrendszerét tekintjük. Súlyozás nélkül számítva, a $\text{Coh}_V(E_y, H_x) = 0,609$ -nek, míg súlyozással $\text{Coh}_M(E_y, H_x) = 0,966$ -nak adódott. A már említett legnagyobb eltérést mutató (legkisebb súlyú) adatot az adatrendszerből elhagyva és súlyozás nélküli koherencia számítást végezve a $\text{Coh}_V(E_y, H_x)$ 0,609-ről a 0,963-ra növekedett, ami gyakorlatilag azonos a súlyozott koherencia értékkel.

Ha kieső pont nincs, akkor a kétféle módon számított koherenciák közötti eltérések nem látszanak számottevőnek. Például a következő értékek adódtak gyakorlati idősorokból számított koherenciákra:

$\text{Coh}_V(E_x, H_y)$	$\text{Coh}_M(E_x, H_y)$	$\text{Coh}_V(E_y, H_x)$	$\text{Coh}_M(E_y, H_x)$
0,945	0,957	0,989	0,988
0,952	0,957	0,987	0,995
0,928	0,937	0,978	0,990
0,785	0,802	0,969	0,977
0,850	0,859	0,908	0,917

Meg kell azonban jegyezni, hogy a koherenciák kismértékű növekedése (1–2%) egyben az impedanciák pontosságának és megbízhatóságának nem elhanyagolható növekedését is jelenti.

A mágneses komponensek közötti koherenciák súlyozás hatására szintén megváltoznak. Olyan egyértelmű tendencia azonban nem mutatkozik, mint E és H közötti koherenciáknál. A vizsgált adatrendszereknél $\text{Coh}_V(H_x, H_y)$ -hoz képest $\text{Coh}_M(H_x, H_y)$ csökkenése és növekedése egyaránt előfordult. Kieső pontok esetén a változás, hasonlóan E és M közötti koherenciákhoz, nagyobb mértékűnek adódott, mint más esetekben.

3.3. A kiegyenlítés hibájának változása kieső pontok esetén

Ismét tekintsük az 1. ábrát, ahol a V szerinti kiegyenlítés szórása (σ) és az M szerinti kiegyenlítés hibáját jellemző érték (ε_0) is fel van tüntetve. Látható, hogy kieső pontok esetén ε_0 lényegesen kisebb σ -nál. Különbségüket a kieső pontok száma és az eltérések nagysága határozza meg. Ha kieső pont nincs, akkor ε_0 a komponensek valószínűségeloszlásától függően kisebb vagy nagyobb σ -nál.

3.4. Következtetések

A vizsgált adatrendszerek alapján az M szerinti kiegyenlítéssel nyert eredményekre a következő megállapítások tehetők;

1. Az elektromos és mágneses komponensek közötti elméleti összefüggést azok a felületek teljesítik leginkább, melyek a leggyakoribb értékű felület közelében legjobban tömörülnek. A kieső pontok a kiegyenlítés és így a végeredmény szempontjából is figyelmen kívül maradnak.
2. Az elektromos és mágneses komponensek közötti koherencia a vizsgált esetek 95%-ban súlyozás után növekedett. Így a koherenciák növekedése eredményeink megbízhatóságának növekedését jelenti.
3. Kieső pontok esetében az M szerinti kiegyenlítés hibájára jellemző ε_0 lényegesen kisebb a V szerinti kiegyenlítés szórásánál, σ -nál.

IRODALOM

- [1] Steiner F.: Most frequent value and cohesion of probability distributions Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung., Tomus 8, pp. 381–395 (1973).
- [2] Berdicsevszkij, M. N.: Elektriceszkaja razvedka metodom magnetotelluriceszkogo profilirovanija. Nyedra, Moszkva, 1968.
- [3] Ferenczy L.: Magnetotellurikus impedancia-tenzor elemeinek számítása leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítéssel. Egyetemi doktori értekezés, NME 1978.

Egyesületi Hírek

Közlemény

A Nehézipari Értesítő 26. számában megjelent a Központi Földtani Hivatal elnökének és a nehézipari miniszternek 8/1978. (NIM. É. 26.) KFH-NIM sz. együttes utasítása a nagy és értékes ásványi nyersanyaglelőhelyek felderítésében részt vevők jutalmazásáról. Ugyanott megjelentek „Irányelvek” is az említett utasítás végrehajtásához. Az Utasítás és az Irányelvek Egyesületi Titkárságunknál megtekinthetők.

Kőzetmechanikai paraméterek meghatározása mélyfúrási geofizikai szelvényekből*

J E S C H A L A D Á R **

Az előadás ismerteti a kőzetfizikai és mélyfúrási geofizikai paraméterek közötti összefüggéseket. Bemutatja a kőzetek rugalmassági és szilárdsági jellemzőinek meghatározására alkalmas módszereket, kitérve az alkalmazható elméleti összefüggésekre, továbbá a számítási eljárások külföldön kialakult és ezekről eltérő hazai változataira. Foglalkozik ezzel kapcsolatban a szilárdsági és rugalmassági paraméterek között kísérleti úton meghatározott kapcsolatokkal is.

Az előadás során gyakorlati példák is bemutatásra kerülnek, ezeknél szembevetve a szónikus, sűrűség- és neutronszelvényekből számított szilárdsági mutatók és a fúrástechnikai, teljesen más adatokból kapott paraméterek közti hasonlóságot. Rövid utalást ad az előadás a jövőben követendő fejlesztésre és a lehetőségekre is.

В докладе рассматриваются соотношения физических параметров горных пород и промыслово-геофизических параметров. Описываются методы определения характеристик упругости и твердости горных пород, причем автор останавливается на применяемых теоретических соотношениях, а также на различных вариантах методов вычислений, применяющихся за границей и в Венгрии. В связи с этим обсуждаются связи между параметрами упругости и твердости, выявленные эмпирическим путем.

В докладе приводятся практические примеры. В этих примерах бросается в глаза подобие между показателями твердости, подсчитанными по кривым АК, ГГК, и НК с одной стороны и техническими параметрами, полученными по совершенно другим данным, с другой. Коротко излагаются направления и возможности дальнейшего развития этих исследований.

Basic connections between rock physical and observable geophysical well-log parameters will be reviewed. The methods available for determining the elastic parameters of rocks will be described, together with the appropriate theoretical relationships and the respective computational procedures used in Hungary and abroad. The connection between the parameters of elasticity and of solidity established by experimental means will also be touched upon.

The practical examples presented will prove a conspicuous similarity between the solidity parameters calculated from sonic, density and neutron logs, resp. from drilling data.

Finally, guidelines for future developments and possibilities will be given.

Bevezetés

A mélyfúrással átfúrt kőzetek mechanikai tulajdonságainak megismerése igen fontos. A kút lemélyítését és későbbi kiképzését egyaránt befolyásolják a kőzetek mechanikai paramétereinek az értékei. Túl lágy kőzetek esetében akkor találkozunk nehézségekkel, amikor a rétegeket termelésbe állítják. Az ilyen laza kőzet a rétegmegnyitás, termeltetés során szokott nehézségeket okozni: a rétegmátrix szemcséi a termelvénnel együtt betermelődnének, „befolynak”, de előfordul az is, hogy a perforált csatorna záródik össze, amikor a termelés túl nagy depresszióval történik, vagyis amikor túl erős a tároló megcsapolása. Az ilyen összezáródás a permeabilitás lecsökkenésével jár, eredménye gyakran a termelés leállása. A mélyítés során is mutatkozhat a kőzet omlásából származó, olykor megakadályozhatatlan nehézség: ilyen a pergő márgák esete.

A kőzetek keménységével egyenesen arányos fúráthatóságuk. Ezért előnyös a lemélyítés előtt ismerni, hogy egy-egy lyukszakaszban milyen keménységű

* Előadás a XXIII. Geofizikai Szimpóziumon Várnában, 1978. X. 4–7.

** Kőolaj- és Földgázbányászati Vállalat, Nagykanizsa.

kőzetekre lehet számítani. A fúrócserek programját, a leggazdaságosabb mélyítési metodikát csak ilyen adatoknak a birtokában lehet kellő pontossággal meghatározni.

A kőzetek szilárdsági tulajdonságainak megismerése érdekében minden olyan megfigyelési és mérési adatot összesíteni kell, amelyből a mechanikai tulajdonságokra következtetéseket lehet levonni. Az ilyen megfigyelések és adatok tetemes részét teszik ki a mélyfúrási geofizikai mérések eredményei. Az egyik geofizikai paraméter, a szónikus terjedési sebesség ugyanis a rugalmas hullámok terjedési törvényei szerint szoros kapcsolatban van a közeg rugalmas, tehát bizonyos mechanikai tulajdonságaival. Megfelelő feldolgozás és metodika segítségével az akusztikus sebességmérés eredményeiből, továbbá más geofizikai mérések eredményeinek a felhasználásával mód nyílik a kőzetek szilárdsági tulajdonságainak meghatározására. Jelen tanulmány ennek lehetőségeit és a már elért eredményeket ismerteti.

Általános megállapítások

A rugalmas (szónikus) hullámok terjedési sebessége, illetve terjedési ideje és a közvetítő közeg rugalmassági állandói között homogén és izotróp közeg esetében érvényesek a következő összefüggések:

$$G = \frac{\varrho_b}{\Delta t_s^2} \quad (1)$$

$$G = \frac{\varrho_b}{\Delta t_c^2} \cdot \frac{1-2\mu}{1-\mu} \quad (2)$$

$$E = \frac{\varrho_b}{\Delta t_c^2} \cdot \frac{(1-2\mu)(1+\mu)}{1-\mu}, \quad (3)$$

ahol:

G = a közeg nyírási rugalmasság modulusa Mpa, ill. kp/cm²

E = a közeg Young-modulusa, Mpa, ill. kp/cm²

μ = a közeg Poisson-féle tényezője

ϱ_b = a közeg sűrűsége, kg/m³

Δt_s = a nyíró vagy transzverzális hullám terjedési ideje a közegben, μ s/m

Δt_c = a nyomási vagy longitudinális hullám terjedési ideje a közegben, μ s/m

A jelenlegi mélyfúrási geofizikai mérés technika segítségével a fenti összefüggések alkalmazásához szükséges paraméterek közül mérni tudjuk a longitudinális terjedési sebességet és a közeg sűrűségét. Tehát a felsorolt kifejezések pusztán alkalmazásához is még további ismeretekre van szükség: vagy a transzverzális terjedési időt, vagy a Poisson-számot kell ismernünk ahhoz, hogy valamelyik rugalmassági modulusot meg tudjuk határozni a mélység függvényében. Az előbbinek egyelőre még technikai nehézségei vannak, az utóbbihoz viszont kőzetmintákon végzett mérések szükségesek.

Továbbmenve megállapítható, hogy a bevezetésben elmondott kérdések megválaszolásához nem a közeg rugalmassági modulusainak ismeretére van szükségünk, hanem a kőzet szilárdsági tulajdonságait szeretnénk meghatározni. A törések, mátrixösszeomlások akkor következnek ugyanis be, amikor igénybe-

vételük túllépi a teherviselő mátrix rugalmassági határát, az úgynevezett folyási határt. Ez a Hooke-féle törvény érvényességének a határa, a rugalmas alakváltozások tartományának vége, ahol a feszültség és az alakváltozás közötti összefüggés már nem lineáris, és az alakváltozás is maradóvá lesz.

A két különféle paramétercsoport, a rugalmassági állandók és a szilárdsági mutatók csoportja nincs egymással szoros összefüggésben, sőt legtöbbször független is egymástól. A rugalmassági modulus arányossági tényező a feszültség és a deformáció között, de csak olyan igénybevételnél, amelyek egy bizonyos feszültségnél nagyobbak nem hoznak létre. A folyási határ viszont az a feszültség, határfeszültség, ameddig az arányosság a feszültség és az alakváltozás között fennáll, ennek túllépése az anyag összetörését vonja maga után. Célunk éppen ennek a folyási határnak a meghatározása geofizikai szelvények segítségével.

Az előbbieket alapján megállapíthatjuk, hogy a kőzetek szilárdsági tulajdonságainak meghatározása a szelvények alapján csak akkor lehetséges, ha megnyugtató feleletet kapunk a következő kérdésekre:

1. Ismerni kell a kőzet porozitását, mint a legfontosabb inhomogenitást, és ennek figyelembevételével kell a homogén közegekre érvényes összefüggéseket pontosítani.
2. Meg kell állapítani a rugalmassági modulusok és a folyási határ közötti kapcsolatokat.
3. Meg kell határozni, vagy meg kell becsülni a Poisson-szám értékét a rétegsor kőzeteire; esetleg módot kell találni a transzverzális sebesség folyamatos mérésére.

Vizsgáljuk ezeket a kérdéseket egyenként.

A heterogenitás hatásának figyelembevétele

A közeg heterogenitását az üledékes kőzetek, és főleg a tárolók esetében — mint említettük — elsősorban a porozitás jelenti, amely a mechanikai tulajdonságokat és a mérhető geofizikai paramétereket egyaránt jelentősen befolyásolja. A rugalmas hullámok porózus kőzetekben való terjedését jó közelítéssel fejezi ki a közismert Wyllie-féle átlagidő-egyenlet:

$$\Delta t = \bar{\Phi} \cdot \Delta t_f + (1 - \bar{\Phi}) \cdot \Delta t_m,$$

ahol Δt_m a mátrix, Δt_f a pórusokat kitöltő fluidum terjedési ideje és $\bar{\Phi}$ a porozitás. Az egyenletből az világlik ki, hogy az akusztikus sebességméréssel kapott, az első nyomáshullám beérkezésével mért terjedési idő (Δt) értékét, hogy befolyásolja a porozitás nagysága és a pórusfluidum jellege. Ha viszont feltételezzük, hogy a kőzet rugalmassági tulajdonságainak a hordozója a mátrix, akkor a Δt_m mátrixsebesség (illetve -idő) nyújt lehetőséget a kőzetváz, vagyis az egész kőzet szilárdsági állapotának (egyelőre inkább csak rugalmassági állandóinak) a meghatározására. E feltételezés mindenképpen helyes és jogos, a rugalmas hullámok közvetítése a gyorsabb terjedést jelentő szilárd szemcséken, a vázon történik, így feltétlenül ennek, mint közegnek a tulajdonságaitól függnének a terjedés jellemzői is.

Az inhomogenitásnak, a porozitásnak a figyelembevétele céljából leghelyesebbnek tehát a porozításkorrektció tűnik. Úgy végezzük el, hogy a mért sebességből, illetve Δt -ből a mátrixsebességet, ill. Δt_m -et kiszámítjuk, s ezt a mennyiséget hozzuk a (2) és (3) egyenletek szerint kapcsolatba a mátrix rugalmassági modulusaival. A korrekció elvégzéséhez, pontosabban a mátrixidő számításához

ismernünk kell (más mérésekből vagy értelmezésből) a porozitás nagyságát, továbbá meg kell becsülni a Δt_f fluidumidő értékét is. A számítással kapott t_m -mel számolunk azután a (2) és (3) egyenletekben Δt_c helyett. A heterogenitás jelentős részét ezzel a korrekcióval kiküszöbölhetjük, anizotropia esetében azonban annak korrigálására nincs módunk.

A Poisson-szám figyelembevétele

A rugalmas állandók számításához a Poisson-számra csak az (1) egyenlet alkalmazása esetén nincs szükség. Sajnos azonban a jelenlegi szelvényezési technika nem ad módot a nyírási szónikus sebesség, illetve terjedési idő folyamatos mérésére, a számításokhoz így egyelőre csak a (2) és (3) egyenlet használható a felsorolt összefüggések közül; ezek alkalmazása viszont megköveteli a Poisson-szám ismeretét. E célból szükség lehet bizonyos kísérleti mérésekre, ha rendelkezésre áll kellő számú kőzetminta és megfelelő vizsgálati berendezés.

A litológia ismeretében lehet esetenként irodalmi adatokat is fölvenni, bőségesen találhatunk ugyanis különféle vizsgálati leírásokat, amelyek ilyen adatokat megadnak az egyes kőzetfajtákra. Szóba kerülhet egy állandó értékkel való munka is, de ez olykor jelentős hibákhoz vezet a számításokban, főleg nagyon változatos rétegsorok esetében.

Egy más irányú törekvést mutatnak be Anderson és szerzőtársai: a Gulf-Coast terület homokköveire összefüggést állapítottak meg a Poisson-szám és az agyagtartalom között, mechanikai számításaikhoz ezt használták föl:

$$\mu = 0,125q + 0,27, \quad (4)$$

ahol q az agyagosság, amelynek értéke ugyancsak számítható különféle geofizikai szelvényekből.

Mi a későbbiekben bemutatandó számításainknál alkalmaztuk ezt az összefüggést is, hogy az agyagtartalom hatását a mechanikai paraméterekre érzékeltesük, tudva természetesen azt, hogy a mi területeinken ez a kifejezés nem érvényes. Nálunk érvényes adatok hiányában számításaink másik részét egy állandónak felvett Poisson-számmal végeztük el. Célunk a jövőben az ilyen számítások további pontosítása.

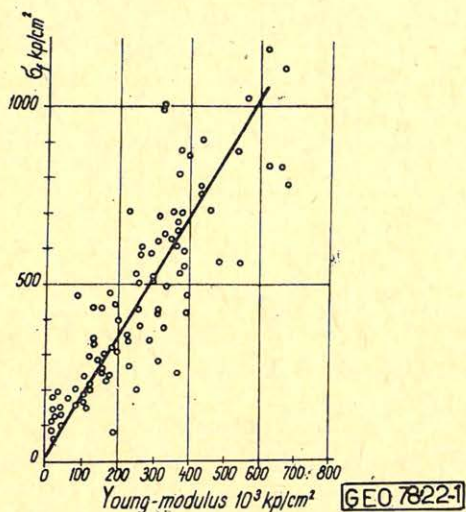
Meg kell említeni azonban azt is, hogy a Poisson-számban elkövetett hibának az eredmények pontosságára kisebb a jelentősége, az ilyen hiba hatása a (2) és (3) egyenletekre kisebb. Ha például a (2) egyenlet $\frac{1-2\mu}{1-\mu}$ tényezőjében a Poisson-szám értéke 0,25-ről 0,30-ra nő, akkor a tényező értéke 0,67-ről 0,57-re csökken. A (3) egyenletben a változás még elenyészőbb: a Poisson-szám említett változása mellett a $\frac{(1-2\mu)(1+\mu)}{1-\mu}$ értéke minődssze 0,83-ról 0,74-re változik csupán.

Az E értékében tehát a Poisson-szám megválasztásának a szerepe el is hanyagolható. (Ezzel természetesen nem akarjuk azt mondani, hogy a Poisson-szám valódi értékét nem szükséges ismernünk.)

A rugalmassági állandók és a közenszilárdság kapcsolata

A rugalmassági modulusok minden bizonnyal jellemzik a kőzet, talán pontosabban a kőzetváz mechanikai állapotát, de csak a rugalmas alakváltozás határain belül. A kőzet folyási határát, ezt a keresett szilárdsági jellemzőt a rugal-

mas hullámok terjedési sebessége nem szükségszerűen tükrözi. Megelégedhetünk ugyan a kőzetek mechanikai jellemzésére a rugalmassági tulajdonságok felvételével, vagy számításával is, mint ezt egyes külföldi vizsgálatok esetében tették is. Például a Schlumberger-cég Mechanical Properties Log elnevezésű, bő mérési programra alapozott mechanikai számítási rendszerének eredménye egy szelvény, amelyik a nyírási rugalmassági modulust, a kompresszibilitást (ez a térfogati rugalmassági modulus reciproka) és e két mennyiség hányadosát tartalmazza, több más értelmezés útján kapott paraméter mellett. Ennek a mechanikai interpretációs rendszernek az ismertetése rámutat arra, hogy kapott rugalmassági adatokat megadó görbék szelvényén jól láthatók a mért lyukszakasz lágy, laza és kemény „erős” rétegei, vagyis tükröződnek bennük a kőzetek szilárdsági tu-



1. ábra. Korreláció a Young modulus (E) és a mért plaszticitási határok (σ) között

Рис. 1. Корреляция между модулем Юнга (E) и измеренными пределами пластичности (σ)

Fig. 1 Correlation between the Young modulus (E) and measured plasticity limits (σ)

lajdságai is, a folyási határ vagy a kőzetszilárdság [2]. Látszólag tehát megvan a kapcsolat a kőzet rugalmassági modulusai és szilárdsága között. Ezt a tényt a nálunk végzett magmintavizsgálatok eredményeivel is sikerült alátámasztani. Korreláltuk ugyanis egymással egy sorozat kőzetmag különféle mechanikai vizsgálatainak eredményeit; többek között a mért nyomási Young-modulusokat és az ugyancsak minden mintán megmért folyási határokat. Az összetartozó adatok az 1. ábrán láthatók. Lineáris regresszióval meghatároztuk az adatoknak az ábrán ugyancsak feltüntetett közelítő egyenesét, amelyet azután számításainknál használtunk is. Ennek egyenlete:

$$\sigma_f = 1,68 \cdot E \cdot 10^{-3} + 13,3$$

A pontthalmaz korrelációs együtthatója 0,82, ami jó kapcsolatot igazol.

A szoros összefüggés jelensége érdekes, sőt meglepőnek is mondható, mert azt fejezi ki, hogy a rugalmassági modulus, a rugalmas alakváltozás egy arányossági tényezője egyenesen arányos a kőzet törőszilárdságával. Meglepő ez azért, mert a szerkezeti anyagok, elsősorban a fémek esetében ez a két paraméter általában teljesen független egymástól.

A kőzetek esetében nyilvánvalóan más jelenségek játszódnak le — és pedig a rugalmas és a rugalmatlan tartományban egyaránt —, mint a homogén és izotróp fémek esetében. Ezt a következőképpen lehet magyarázni. Egy adott

összetételű heterogén szemcsékből álló üledékes kőzet a kompaksió egy bizonyos fokán rugalmassággal rendelkezik. Ez a rugalmasság, amelyik a szemcsék közötti kapcsolatot jellemzi, képes az akusztikus, rugalmas hullámok továbbítására, közvetítésére. Ugyanakkor természetesen bizonyos deformációk elviselésére is képes a kőzet, rugalmasan is. Van egy határterhelés (éppen ez a folyási határ), amelynél kisebb igénybevételek még csak rugalmas, nem maradó alakváltozásokat okoznak a kőzeten. Ha a terhelés nagyobb lesz, mint ez a határérték, akkor a szemcsék közötti cementálódás megtörik, maga a szemcse is sérülhet, és be-következik a törés. A törés egy újabb állapothoz vezet, a kőzet egy tömörebb helyzetbe kerül. Ebben a helyzetben az egyelőre még laza kőzet kompaktáltabb, kisebb a porozitása és az áteresztőképessége is. Ebben az állapotban a szemcsék összeérő felületein nagy nyomás lép föl, ez nyomásos oldódást hoz létre, karbonátokban és kvarchomokkövekben egyaránt [3], [4]. A nyomásos oldódás hatására rövid idő alatt kialakul egy újabb, kompaktáltabb kőzet, amelynek nagyobb a szilárdsága a jobb kötés miatt, de jobbak a rugalmas tulajdonságai is, nemcsak a porozitás csökkenése miatt, hanem a mátrix szemcséinek jobb, nagyobb felületen való érintkezése, jobb kötődése miatt. A jelenség végső eredménye a tapasztalatunknak megfelelő lesz: kialakul az ábra szerinti lineáris kapcsolat a nyomószilárdság és a Young-modulus között.

Az előbbieken alapján megállapíthatjuk, hogy a rugalmas hullámok terjedése és a kőzet szilárdsága között megfigyelt kapcsolat alátámasztható elméleti megfontolásokkal is. Ennek tudatában megfelelő minőségű mérések alapján folyamatos számításokat végezhetünk és végeztünk is a mélyfúrással átfúrt különféle kőzetekre.

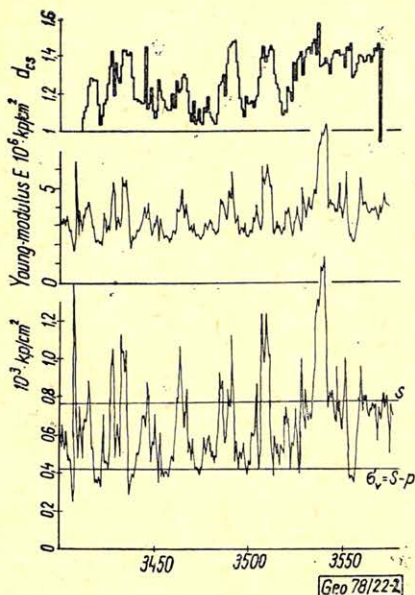
Ilyen számítások segítségével mód van a fúrólyuk jellegzetes szakaszainak a kijelölésére. A vizsgálat céljának megfelelően kell a szelvényekből számított szilárdsági értékeket az igénybevétellel összehasonlítani. A figyelembe vett igénybevétel ugyanis lehet a fedőterhelésből számított teljes kőzetnyomás (ezt vesszük figyelembe pl. vízszintes irányú perforált csatorna összezáródásának vizsgálata esetében), de lehet a horizontális igénybevétel is, amely a vertikálisból a Poisson-szám ismeretében számítható (ezt pl. lyukfalstabilitási kérdések esetében vesszük az összehasonlítás alapjául).

Számolási példa bemutatása

Az egyik magyarországi mélyfúrásban a Schlumberger-cég bécsi kirendeltsége által készített geofizikai szelvények digitális regisztrátumából, valamint gépi értelmezési adatokból folyamatosan gépi úton számítottuk a Young-modulust, a nyírási modulust, valamint a folyási határt állandónak feltételezett Poisson-számmal. Kísérleti célból az idézett (4) egyenlet alapján is figyelembe vettük a Poisson-számot, mint azt már említettük. A számításokat a porozitással korrigált mátrixsebességre végeztük el hosszabb lyukszakaszon. A 2. ábrán egy részletét mutatjuk be a lyuknak. Az E modulus mellett láthatjuk a folyási határ (4) egyenlettel számított görbéjét. Feltüntettük összehasonlítás céljából a kizárólag mélyfúrési megfigyelések alapján számított d_{cs} -görbét is, amely a fúrhatóságra jellemző kitevőt ábrázolja. Látható, hogy a fúrhatóság és a folyási határ között az egyezés nagyon jó.

A folyási határ görbéjére rárajzoltuk az

$$S = p + \sigma_v$$



2. ábra. Számított mechanikus log részlete:
 σ = plaszticitási határ; E = Young modulus;
 d_{cs} = fúrhatóság

Рис. 2. Отрезок подсчитанного разреза механических свойств: d_{cs} – предел пластичности;

Fig. 2 Detail of a computed mechanical log:
 σ = plasticity limit; E = Young modulus;
 d_{cs} = drillability

fedőnyomás-eloszlást is. Ebben a gyakran használt összefüggésben S a teljes fedőnyomás, p a pórusnyomás és σ_v a vertikális mátrixfeszültség. A p egyenesét úgy vettük fel, mintha a pórusnyomás végig hidrosztatikus lenne. Ha a pórusnyomás lecsökken, akkor a mátrixfeszültség szükségképpen megnő, s láthatóan az ábrázolt szakaszon is előállhat ennek következtében a mátrix túlterhelődése, a törés. Ennek azután egyenes következménye lehet az áteresztőképesség esése.

Befejezés

Befejezésül röviden utalunk rá, hogy az ismertetett rendszer több szempontból is eltér az ilyen célra már sok helyen alkalmazott metodikától. Elsősorban a heterogenitásra, porozitásra való korrekció újszerű, de hasonlóképpen idesorolandó a rugalmassági állandók és a szilárdsági tulajdonságok közötti összefüggések meghatározása is. Ki kell hangsúlyozni, hogy jó eredmények csak pontos és jól kalibrált szelvényezések birtokában várhatók. Célszerű a terepen azonnal digitálisan is rögzített szelvények felhasználása, mert így az utólagos digitalizálással járó hibák elkerülhetők. A mintavételi sűrűség szerepe ugyan nem nagy, de a sűrű mintavételezés nem árt a számítások pontosságának, mi például a bemutatott példa esetében 15 cm-es mintavételi sűrűséggel kaptuk a szép eredményeket. A mérési programot úgy kell megválasztani, hogy precíz porozitás-számításra legyen lehetőség, továbbá előnyös több agyagindikátor-mérés keresztülvitele is, q pontosabb megismerése céljából.

IRODALOM

- [1] Anderson, R. A. – Ingram, D. S. – Zanier, A. M.: Fracture pressure gradient determination from well logs. SPE preprint No 4135. 1972.
- [2] Tixier, M. P. – Loveless, G. W. – Anderson, R. A.: Estimation of formation strength from the mechanical properties log. SPE preprint No. 4532. 1973.
- [3] Chilingarian, G. V. – Wolf, K. H.: Compaction of coarse-grained sediments I. Elsevier Sc. Publ. Co. 1975. New-York.
- [4] Sprunt, E. D. – Nur, A.: Destruction of porosity through pressure solution. Geoph. 1977. 4. 726 – 741.

Túlnyomásos zónák előrejelzése szeizmikus intervallumsebességek alapján*

MURAVINA LILIA – ZSELLÉR PÉTER**

A túlnyomásos zónákban a kőzetek porozitása nagyobb, mint a normális esetekben. Ezért a túlnyomásos zónákban a hullámterjedési sebesség lecsökken. A csökkenés nagysága elérheti a 20–30%-ot is. Ekkora változás a szeizmikus intervallumsebességeken könnyen felismerhető, ez tehát lehetőséget ad a túlnyomásos zónák előrejelzésére.

Az előadásban egy példát mutatunk be a túlnyomás előrejelzésére. A szeizmikus sebességvizsgálatból nyert nyomásadatokat összehasonlítjuk a terület mélyfúrásaiban megismert nyomásmérési eredményekkel.

В зонах избыточного давления горные породы характеризуются повышенными по сравнению с нормальными, величинами пористости. В связи с этим в зонах избыточного давления скорость распространения сейсмических волн уменьшается. Степень этого уменьшения может достигать 20–30%. Подобное изменение легко обнаруживается в сейсмических интервальных скоростях, что дает возможность предсказать наличие зон избыточного давления.

В докладе приводится пример подобного предсказания зон избыточного давления. Данные о давлении, полученные по изучению скоростей распространения сейсмических волн, сопоставляются с результатами измерения давления, проведенного в глубоких скважинах района.

The propensity of rocks in zones of abnormally high pressures is greater than in normal surroundings. For this reason the wave velocity decreases in zones of excessive pressure. The extent of velocity decrease may reach even 20–30%. A change of this size is recognizable on seismic interval velocities, giving means to predict zones of excessive pressure.

An actual example of prediction will be presented. Pressure data obtained via seismic velocity analysis will be compared with that obtained from wells in the same area of investigation.

A mélyfúrások tervezésekor nagy segítséget jelent, ha előre ismerjük a várható rétegyomás-adatokat. A gyakorlatban rendszerint a lemélyítendő fúrás környezetében található régebbi fúrások ismert nyomásadatait használják fel. A túlnyomásgyanús helyek fokozott ellenőrzésével az iszapfajsúly mindig a kívánt értéken tartható.

Gyakran előfordul, hogy az új fúrás környezetében nem ismerjük a rétegyomásokat. Előfordulhat, hogy a nyomásértékeket csak az új fúrástól távol eső pontok nyomásadatainak interpolációjával lehet becsülni. Pilenkor hasznos segítséget nyújthatnak a szeizmikus sebességvizsgálatokból nyerhető nyomásértékek.

A karotázs-gyakorlatban a márgarétegekben mérhető hullámterjedési sebességet használják a túlnyomás előrejelzésére. Ezt a márgák stabil viselkedése indokolja. A karotázs szelvényekből kiválasztják a márgarétegeket. Felrajzolják a mélység függvényében a márgákban mért hullámterjedési sebességeket. A felrajzolt pontok a normál nyomású szakaszokon az úgynevezett normál trendhez illeszkednek. A túlnyomásos zónák helyét a trendtől eltérő, kisebb sebességértékek jelzik.

A szeizmikus intervallumsebességek mindig egy vastagabb rétegösszletre vonatkoznak. Így itt nincs mód a márgarétegek elkülönítésére. Szerencsére a

* Előadás a XXIII. Geofizikai Szimpóziumon Várnában, 1978. X. 4–7.

** OKGT GKÜ

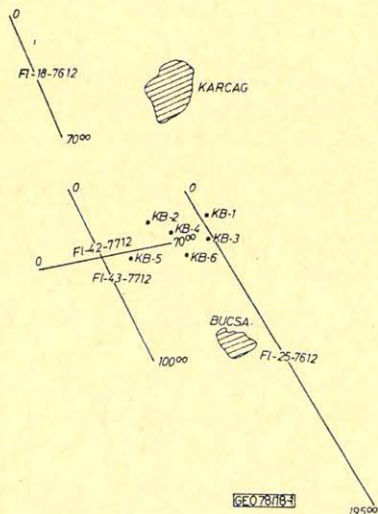
túlnyomásos zónákban nemcsak a márgarétegek válnak porózusabbá, hanem az összes többi üledékes kőzet is.

Természetesen ez a többféle kőzetből összeálló rétegösszlet nem fog olyan stabilan viselkedni, mint a karotázs-gyakorlatban használt márgarétegek. Ezért a szeizmikus intervallumsebességek nem fognak pontosan illeszkedni a normál trendhez, a normális nyomású szakaszokon is előfordulhatnak véletlenszerű ingadozások a normál trend körül.

A túlnyomásos zónákban a sebességértékek nem véletlenszerűen, hanem szisztematikusan térnek el a normál trendtől, a kisebb sebességek irányába. Ez teszi lehetővé a szeizmikus sebességvizsgálatok felhasználása esetén is a túlnyomásos zónák felismerését.

A következőkben bemutatunk egy példát a nyomásgradiens-értékek becslésére. A megvizsgált kutatási területről a következő előzetes információkkal rendelkezünk.

A terület első fúrását 1955-ben fúrták. Ez a KB-1 jelű fúrás (1. ábra). Ekkor még nem ismerték a terület nyomásviszonyait és 1890 méter mélység körül beleszaladtak egy túlnyomásos zónába. A fúróiszap nyomását a pórusfolyadék nyomása gyorsan kiegyenlítette, majd erős sósvíz-beáramlás kezdődött. A nyomáskiegyenlítődéskor a fúróiszap fajsúlya $1,18 \text{ kp/dm}^3$ volt.



1. ábra. A nyomásértékek becslésére az F1-18, F1-25, F1-42 és F1-43-as szeizmikus vonalak sebességvizsgálatát használtuk fel. A vonalak a Karcag-Bucsa terület mélyfúrásainak közelében helyezkednek el

Рис. 1. Для оценки величины давления использовали скоростной анализ по профилям Ф1-18, Ф1-25, Ф1-42, Ф1-43. Профили проходят вблизи скважин района Карцаг - Буча

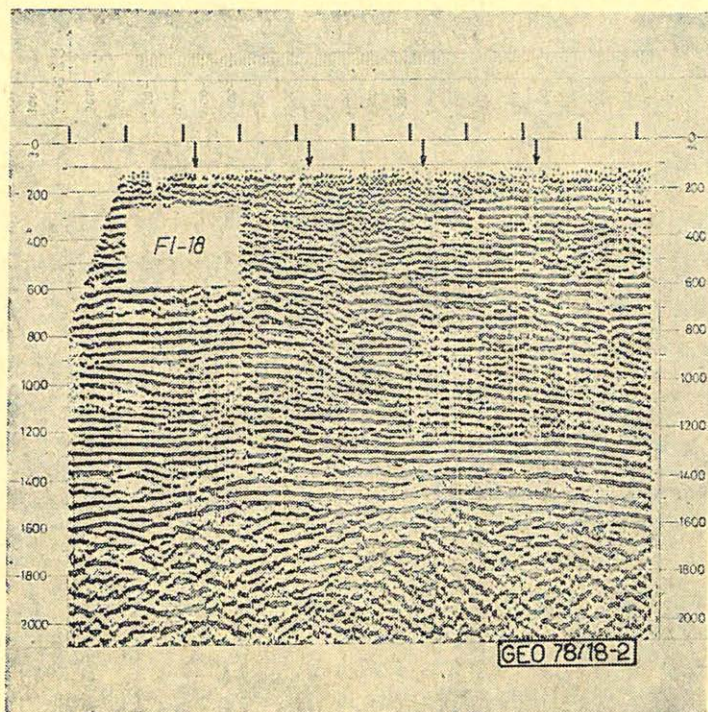
Fig. 1. For the estimation of pressure values the velocity study of seismic lines F1-18, F1-25, F1-42 and F1-43 has been used. The lines are located near the deep drillings of the Karcag-Bucsa area.

A későbbi fúrások izsaprogramját már az előzetes tapasztalatok alapján tervezték. Ma már rendelkezésünkre áll egy sor kapacitásmérésből származó nyomásadat is.

Szeizmikus sebességvizsgálatok felhasználásával is megpróbáltunk képet nyerni a terület nyomásviszonyairól. Célunk az volt, hogy megismerjük a nyomásgradiens térbeli változását.

Az 1. ábrán láthatók azok a szeizmikus vonalak, melyek mentén a sebességvizsgálatokat végeztük. Erre az ábrára rajzoljuk rá azoknak a mélyfúrásoknak a helyét is, melyekből ismerjük a nyomásértékeket.

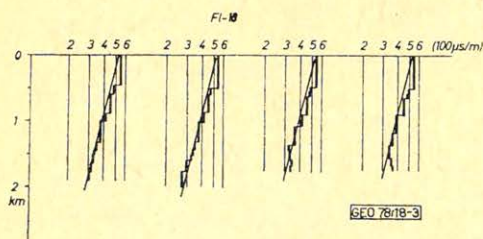
A következő ábrapárokon a szeizmikus időszelvények és a szelvények néhány pontján kiszámított intervallumsebesség függvények láthatók (2-3., 4-5., 6-7., 8-9. ábrák). Mivel a karotázs-gyakorlatban az intervallum-sebesség helyett az



2. ábra. F1-18-7612 szeizmikus időszelvény

Рис. 2. Временной разрез Ф1-18-7612

Fig. 2. Seismic time profile F1-18-7612



3. ábra. Az F1-18 szelvény sebességvizsgálata

Рис. 3. Скоростной анализ по профилю Ф1-18

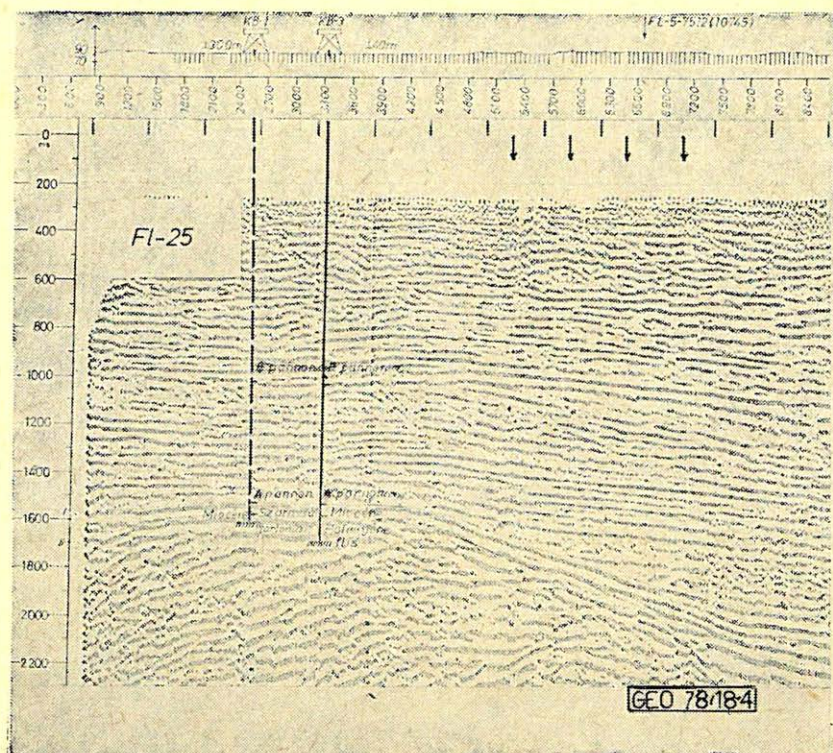
Fig. 3. Velocity study of the profile F1-18

intervallum-áthaladási időket szokás használni, mi is ezeket az értékeket ábrázoltuk. A sebességfüggvény-ábrákon a mélységskála lineáris, az intervallum áthaladási időskálája pedig logaritmikus.

A következő ábrákon a sebességfüggvényekből számított nyomásgradiens-függvények, vagy más szóval ekvivalens iszapfajsúly-függvények láthatók. Az iszapfajsúly értékek kp/dm^3 -ben értendők. Az $1,05 \text{ kp/dm}^3$ érték az alsó pannon fekü környéki hidrosztatikus nyomásgradiensnek felel meg.

A 10. ábrán az F1-18 szelvény mentén meghatározott nyomásgradiens-függvényt láthatjuk. Észrevehetjük, hogy a terület szélén, a szelvény „0” pontja környékén a nyomás hidrosztatikus. Túlnyomások csak a terület középső részén találhatók, amint ez a 11., 12. és 13. ábrákon látható.

Végül az utolsó ábrán (14. ábra) az előzetes ismereteinknek és a szeizmikus



4. ábra. F1-25-7612 szeizmikus időszelvény

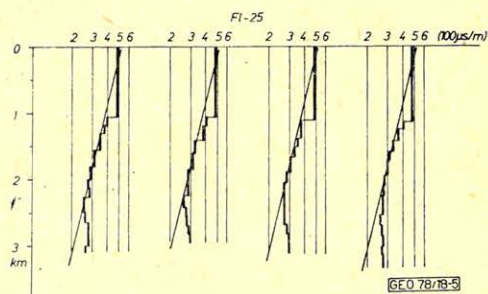
Рис. 4. Временной разрез Ф1-25-7612

Fig. 4. Seismic time profile F1-25-7612

5. ábra. Az F1-25 szelvény sebességvizsgálata

Рис. 5. Скоростной анализ по профилю Ф1-25

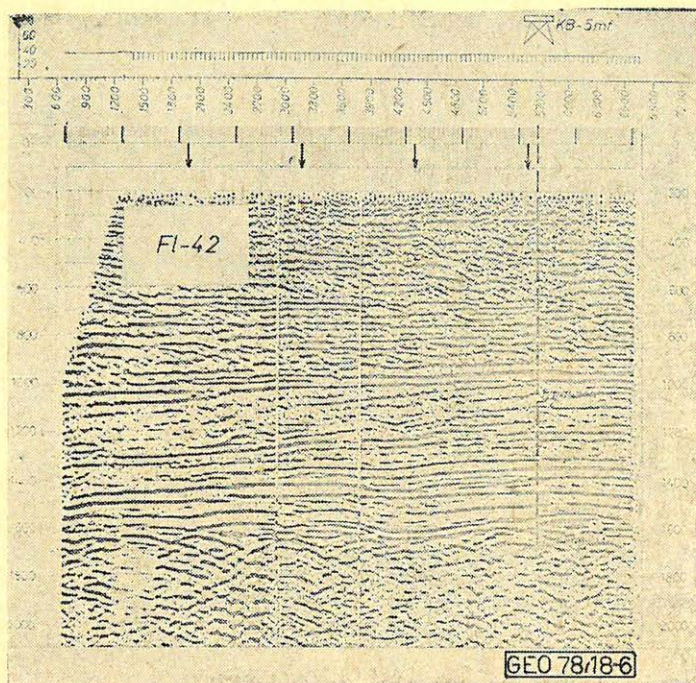
Fig. 5. Velocity study of the profile F1-25



sebességvizsgálatokból nyert nyomásgradiens-függvényeknek az összehasonlítása látható.

Az előbbi ábrákon bemutatott nyomásgradiens-függvényekből interpolációval kiszámítottuk, hogy a KB-1, 2...6 mélyfúrások környezetében hogyan változik a nyomásgradiens a mélység függvényében. A szeizmikával meghatározott és a mélyfúrásokban mért adatok egy ismert pontban való összehasonlítása egyúttal a módszer ellenőrzésül szolgál.

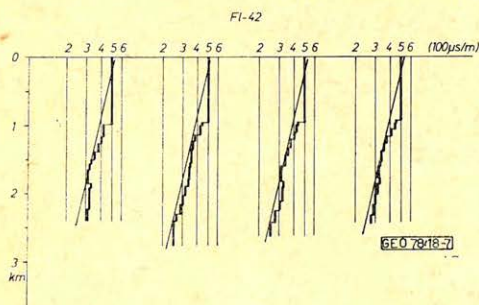
Az ábrán a szeizmikus intervallumsebességekből számított ekvivalens iszapfajsúly függvényt „a” betűvel jelöltük. A „b” jelű görbe a KB-4 fúrás iszap-



6. ábra. F1-42-7712 szeizmikus időszelvény

Рис. 6. Временной разрез Ф1-42-7712

Fig. 6. Seismic time profile F1-42-7712



7. ábra. Az F1-42 szelvény sebességvizsgálata

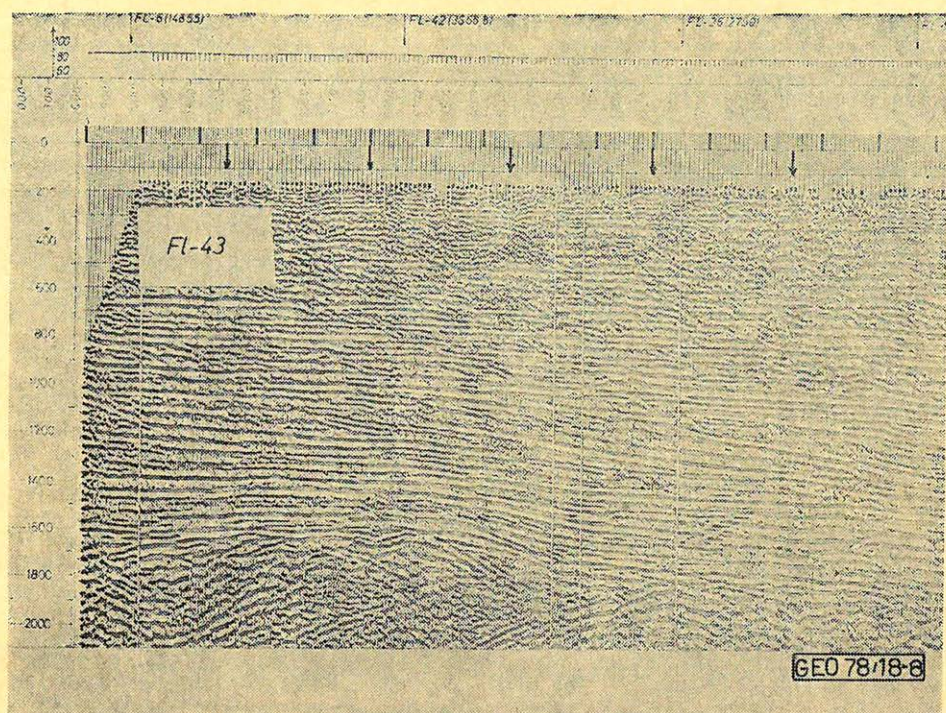
Рис. 7. Скоростной анализ по профилю Ф1-42

Fig. 7. Velocity study of the profile F1-42

programja. A „c” jelű a terület első fúrásának, a KB-1-esnek az iszapfajsúly függvénye.

Mint már említettük, a KB-1-esnél 1890 méter körüli mélységnél a nyomás kiegyenlítődt. Ez azt jelenti, hogy ebben a mélységben a pórufolyadék nyomása megegyezett a fúróiszap hidrosztatikus nyomásával. Az iszap fajsúlya ekkor $1,18 \text{ kp/dm}^3$ volt. Az ábrán láthatjuk, hogy a sebességvizsgálatokból becsült nyomásgradiens és a ténylegesen használt iszapfajsúly a nyomáskiegyenlítés helyén jól egyezik.

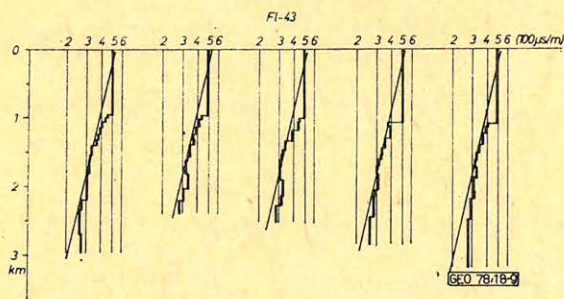
Az ábrára felrajzoltuk a KB-3, 4, 5, 6 fúrásokban végzett nyomásmérések eredményeit is. A nyomásgradiens értékek számítása kapacitásmérések alapján történt. Ezeken az értékeken is jól felismerhető egy 1500-2000 méter körüli nyomásnövekedés.



8. ábra. F1-43-7712 szeizmikus időszelvény

Рис. 8. Временной разрез Ф1-42-7712

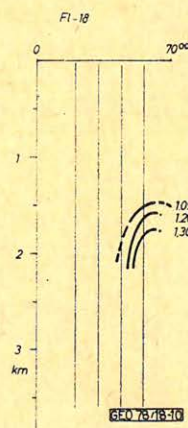
Fig. 8. Seismic time profile F1-43-7712



9. ábra. Az F1-43 szelvény sebességvizsgálata

Рис. 9. Скоростной разрез по профилю Ф1-43

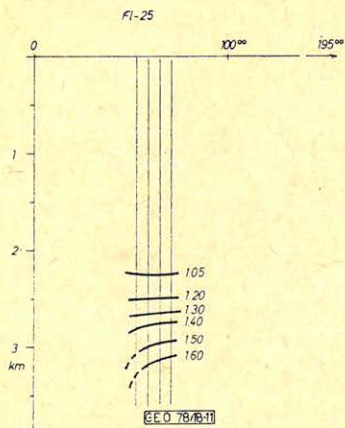
Fig. 9. Velocity study of the profile F1-43



10. ábra. A nyomásgradiens változása az F1-18 szelvényen

Рис. 10. Изменение градиента давления на профиле Ф1-18

Fig. 10. Variation of the pressure gradient along profile F1-18



11. ábra. A nyomásgradiens változása az F1-25 szelvényen

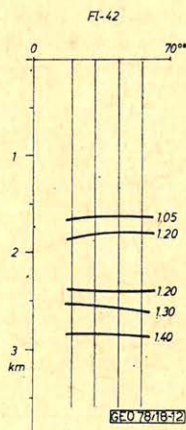
Рис. 11. Изменение градиента давления на профиле Ф1-25

Fig. 11. Variation of the pressure gradient along profile F1-25

12. ábra. A nyomásgradiens változása az F1-42 szelvényen

Рис. 12. Изменение градиента давления на профиле Ф1-42

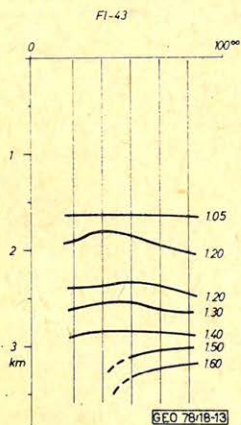
Fig. 12. Variation of pressure along profile F1-42



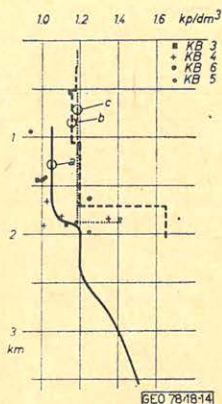
13. ábra. A nyomásgradiens változása az F1-43 szelvényen

Рис. 13. Изменение градиента давления на профиле Ф1-43

Fig. 13. Variation of pressure along profile F1-43



Összehasonlítva a szeizmikus intervallumsebességekből becsült és a mélyfúrásokban mért nyomásértékeket, láthatjuk, hogy a szeizmikus módszer jól jelzi a túlnyomásos zónák jelenlétét. Mivel a szeizmika időben megelőzi a fúrást, a szeizmikával nyert adatok segítséget nyújthatnak a fúrások tervezésekor.



14. ábra. A szelvények mentén meghatározott nyomásgradiens értékek interpolációjával kiszámítottuk a KB-1 és KB-4 mélyfúrások környezetére a nyomásgradiens-mélység függvényt. Az ábrán ezt „a” betűvel jelöltük. A „b” jelű görbe a KB-4-es, a „c” jelű a KB-1-es iszapfajsúly programja.

A KB-1-esnél a nyomás 1890 méter körüli mélységben kiegyenlítődt. A fúróiszap fajsúlya ekkor 1,18 kp/dm³ volt. Az ábrán láthatjuk, hogy a sebességvizsgálatokból becsült nyomásgradiens és a ténylegesen használt iszapfajsúly a nyomáskiegyenlítés helyén jól egyezik.

Az ábrára rajzolt további pontok a KB-3, 4, 5, 6 mélyfúrásokban végzett kapacitásmérésekből származnak

Рис. 14. Зависимость градиента давления от глубины для территории в районе скважин КБ-1 и КБ-2 рассчитали интерполяцией градиентов давления, определенных по профилям. На рисунке это обозначили буквой „а” является программой удельного веса бурового раствора для скважины КБ-4, а кривая со знаком „с” — для скважины КБ-1

В скважине КБ-1 давление выравнивалось на глубине около 1890 м. Удельный вес бурового раствора при этом был равен 1,18 кг/дм³. На основании рисунка хорошо видно что градиент давления, оцененный по скоростному анализу и действительный вес бурового раствора хорошо совпадают.

Дальнейшие точки имеющиеся на рисунке взяты на основании исследований производительности скважин КБ-3, 4, 5, 6.

Fig. 14. By interpolation of pressure gradient values determined along the profiles we have computed the pressure-gradient-depth function for the environment of deep drillings KB-1 and KB-4. On the figure this has been marked by „a”. The curve marked „b” is the diagramm of the specific weight of mud, for KB-4, that marked by „c” is the same for KB-1.

In case of KB-1 the pressure has been compensated at the depth of about 1890 m. The specific weight of the mud was at that point 1.18 kp/dm³. We see on the figure that the pressure gradient as estimated from the velocity studies and the effectively used specific weight of the mud are well agreeing at the spot of the pressure compensation.

Other points marked on the figure originate from the capacity measurements executed in the deep drillings.

IRODALOM

W. H. Fertl: Abnormal formation pressures, Developments in Petroleum Science, 2. Elsevier, 1976.

Markó László – Kisházi Anna: *'A világszínvonal helyzetének elemzése az ipari geofizikai információ automatizált feldolgozása és értelmezése terén, I–II. kötet.* Az OKGT megbízásából kiadta a NIM Műszaki Dokumentációs és Fordító Iroda, Budapest, 1976. 82 + 172 oldal, több táblázattal, a második kötetben 72 ábrával. Sokszorosított kiadvány, kézirat gyanánt (belső használatra).

A hatalmas anyagot felölölő kiadvány jellegéről és jelentőségéről a legjobb képet kapjuk, ha a fontosabb fejezetcímeket soroljuk fel. Ezek a következők:

- I. kötet: A világszínvonal helyzetének elemzése az ipari geofizikai információ automatizált feldolgozása és értelmezése terén.
- I. 1.: Az ipari geofizikai információ számítógépes feldolgozásához és értelmezéséhez szükséges műszaki feltételek és eszközök a fejlett tőkés és a szocialista országokban.
- I. 1.1.: A mélyfúrási geofizika szerepe és feladata a kőolaj- és földgázkutatásban és -termelésben, 5 – 10 old.
- I. 1.2.: A mélyfúrási geofizikai mérési módszerek fejlődése 1974-ig, beleértve a rétegdőlésmérést és a termelési geofizikát is, 11 – 30. old.
E két fejezetben Markó László áttekintést ad a szelvényezési módszerek félvszázados fejlődéséről bőséges irodalom alapján.
- I. 1.3.: A számítógépek megjelenése a szelvényadatok feldolgozásában, a számítógépi feldolgozás eszközeinek fejlődése (31 – 82. old., több munkatárs tollából).
- II. kötet: Az ipari geofizikai adatok számítógépes feldolgozásának és értelmezésének matematikai feltételei, algoritmus- és programrendszerei, (5 – 172. old., számos munkatárs tollából).
Az öt alfejezet mindegyikéhez itt is bőséges irodalmi jegyzék csatlakozik, ami a mű forrás-munkául, szinte kézikönyvvül való használatát elősegíti.

A fejezetszámozásnál zavaró, hogy a II. kötetben ismét I-gyel kezdődik a számozás, és csak az első (arab) alfejezet-megjelölésben szereplő 2-es utal arra, hogy a második kötetről van szó. Számos más helyen sem pontos a tartalomjegyzékben szereplő oldalszám-utalás.

A fenti rövid felsorolásból is kitűnik, hogy a kiadvány egyedülálló jelentőségű a hazai szakirodalomban, különleges jellegű és rendkívül hasznosan forgatható, bár a „Kézirat gyanánt” megjelölésből következtethetően csak szűkebb szakkörök számára hozzáférhető.

T. G.

Ivan N. Petkov: *Adalék a direkt és inverz szeizmokinetikus feladat megoldásának elméletéhez* [bolgár nyelven, bő angol (11 oldal) és orosz (11 oldal) kivonattal], 180 oldal, 37. ábra. A Bolgár Tudományos Akadémia kiadása, Szófia, 1976.

A monográfia a direkt és inverz szeizmokinetikus probléma megoldását adja olyan esetekben, amikor a konfiguráció a tényleges kéregviszonyokat approximálja. A tárgyalás kiterjeszkedik mind a reflektált, mind a refraktált (Mintrop) hullámok esetére és általánosít eddigi eredményeket. A geometriai optikára alapozott módszerek elméleti adalékot nyújtanak a szeizmológiai tudomány fejlődéséhez és a gyakorlati szempontok figyelembevételéhez is.

A direkt és az inverz problémát megoldja a szerző kétréteges és többregeges esetben konstans sebességű rétegekre és sebességi gradiens fellépése esetére is. Mind sík, mind nem sík és különböző helyzetű, lejtésű határfelületeket is tekintetbe vesz, amilyenek érdekesek lehetnek gyakorlati nyersanyagkutatásoknál.

A könyv két főfejezetre oszlik. Az I. Fejezetben (9 – 83. old.) reflexiók, a másodikban (84 – 149. old.) refrakciók (Mintrop) hullámokkal vizsgálja az elasztikus közegeket. Tárgyalásra kerül a függőleges helyzetű sík határfelület esete is. Az inverz feladat megoldásánál kiterjeszkedik a tárgyalás arra az esetre is, amikor a két réteg közötti határfelület sík vagy tetszés szerinti alakú, de a sebesség az alsó rétegben ismeretlen.

A könyv jó összefoglalását adja a geometriai optikára alapozott szeizmikus hullámterjedési számításoknak és a kivonatok és az ábrák alapján a bolgár szöveg is jól követhető.

Kissé szokatlanul hat az, hogy a szerző az angol nyelvű szövegben a „seismic” szó helyett a „seismatic”-ot használja, ami nem felel meg az általános nyelvhasználatnak.

T. G.

Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem időszakos kiadványa. Szerkesztik: Géczy B. – Kiss J. – Stegena L. Bár a kiadvány nevében csak a geológia szerepel a földtudományok közül, az itt megjelenő dolgozatok jelentékeny része geofizikai tárgyú, illetve érdekességű. A legutóbb megjelent három kötetből említésre méltók a következők:

XVII. kötet

Bodri B.: A Hold kezdő hőmérséklete 105 – 118. old. (orosz nyelven),

Buntebarth, G.: Hővezetőképességi számítások a magyarországi kéreg felső részében, 119 – 122. (német nyelven).

Dobosi Z.: A hosszúhullámú sugárzási mérleg számítása magyarországi felületekre, 123 – 132. old. (angol nyelven).

Drahoš D. – Salát P.: A lineáris szűrőelmélet alkalmazásai a geoelektromos- és karotázsmérések direkt és indirekt értelmezésénél, 133 – 152. old. (angol nyelven).

Felméry L.: A fotoszintetikusan aktív sugárzás területi eloszlása Magyarországon a nyári fél évben, 175 – 179. old. (angol nyelven).

Makainé Császár M.: A hatékonysági tényező és nem-adiabatikus hatók szerepe a földközi-tengeri ciklon képződésénél, 201 – 216. old. (angol nyelven).

XVIII. kötet

Bodri B.: A földárapály és a földforgás finomjelenségei közötti összefüggés, 63 – 82. old. (orosz nyelven).

Meskó A.: Az inverz gravitációs feladat iteratív megoldása kényszernek kitett modelleknél, 83 – 113. old. (angol nyelven).

Stegen L.: Mélységi temperatúramérések a magyar medencében, 115 – 129. old. (orosz nyelven)

Dobosi Z.: A felszíni albedó területi eloszlásának vizsgálata Magyarországon 131 – 142. old. (angol nyelven).

Makainé Császár M.: Ciklonképződés és entrópia, 143 – 154. old. (angol nyelven).

Rákóczi F.: Kísérlet a nagytéri felhőmező előállítására Csebicev polynomok segítségével, 155 – 168. old. (német nyelven).

Rákóczi F. – Szakácsné Farkas A. – Orendi K.: A 850 mbarfelület hőmérsékleti mezejének szerkezeti- és kovariancia-függvényei Európa felett, 169 – 175. old. (német nyelven).

Géczy B.: Lemeztektonika és paleobiogeográfia, 193 – 203. old. (angol nyelven, orosz kiegészítéssel).

XIX. kötet

Bodri B.: A viszkozitás és a terhelés befolyása a feszültség eloszlására a Holdon, 15 – 31. old. (orosz nyelven).

Kis K.: Az inverz szűrés alkalmazása gravitációs és mágneses anomáliák interpretációjánál, 55 – 64. old. (angol nyelven).

Meskó A.: Új algoritmus szabálytalan alakú testek gravitációs vonzásának számítására 65 – 73. old. (angol nyelven).

Rákóczi F. – Szidarovszky F.: A budapesti csapadéksorozat információtartalma, 137 – 143. old. (német nyelven).

Műszaki Élet XXXIII. évf. 5. sz. 1978. márc. 10.

A tárgyú Föld, 1. és 18. oldal.

A cikk kapcsolatba hozza egymással a vulkanizmust okozó folyamat Binge-től származó magyarázatát és a földtágulási elméletet, melynek egyik úttörője és kimagasló képviselője hazánkban, a néhány évvel ezelőtt elhunyt Egyed László professzor volt. Egyed kvantummechanikai megfontolásokkal próbálta a jelenséget magyarázni, felhasználva Dirac-nak azt az elgondolását, hogy a gravitációs állandó valójában nem állandó, hanem időben csökken. Elképzelése szerint igen nagy mélységben az ott uralkodó nagy nyomás hatására az anyag úgynevezett „elfajult” állapotba megy át. A Föld magjában ilyen elfajult anyagot találunk, melynek sűrűsége nagyobb, mint a normális állapotban. Ha a nyomás a Dirac-elgondolásnak megfelelően csökken, akkor az anyag az elfajult állapotból a normálisba megy át, ami térfogatnövekedéssel jár és bolygónk tágulását eredményezi, ami viszont számos jelenség (kontinensek elválása és vándorlása stb.) magyarázatául szolgálhat.

A cikk előtt vagy után hiába keressük a szerző nevét – aki egyébként ifj. Egyed László!

T. G.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Б. Радлер, Дь. Шаги, А. Уйфалуши, И. Варга:</i> Исследование неогеновых отложений, характеризующихся различными углами наклона, сейсморазведочным методом	201
<i>Д-р Ласло Капои:</i> Место геофизики в разведке сырьевых ресурсов	207
<i>Е. Ференци:</i> Вычисление тензора магнитотеллурического импеданса с выравниванием по величинам, характеризующимся наибольшей повторяемостью	217
<i>А. Ешь:</i> Определение физических и технических параметров горных пород по промыслово-геофизическим кривым	224
<i>Е. Муравина — П. Желлер:</i> Предсказание зон избыточного давления с использованием сейсмических интервальных скоростей	231
Обзор журналов и книг	216, 239
Новости в общества Венгерский геофизиков	223

CONTENTS

<i>B. Rádler — G. Sághy — A. Ujfaluzy — I. Varga:</i> Seismic exploration of unconformably dipping neogene sediments	201
<i>Dr. Kápoli L.:</i> The role of geophysics with the exploration of raw materials	207
<i>L. Ferenczy:</i> Calculation of the magnetotelluric impedance tensor with adjustment according to the most frequent values	217
<i>A. Jesch:</i> Determination of rock physical and drilling technological parameters from geophysical Well-Log data	224
<i>L. Muravina — P. Zsellér:</i> Prediction of overpressured zones using seismic interval velocities	231
Reviews of papers and books	216, 239
News about the Association	223

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Sebestyén Károly

A szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin körút 9—11. Telefon: 429-350. Levélcím: 1906 Budapest. Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

78.906. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Boskovitz A. Gyula

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507

